

訳者 序

以下は http://openphdguiding.org/PHD2_User_Guide.pdf にて公開されている PHD2 v2.6.4 のマニュアルの訳文です (PHD2 開発グループからの許諾済)。

大元の英文マニュアルのキャプチャ画像は当然のことながら日本語化されていませんので、これらの一部については訳者の側で差し替えています。なお、訳者の理解不足や英語能力不足により一部誤訳されている可能性があります、ご容赦ください。

2018.4.15 HIROPON

<https://urbansky.sakura.ne.jp/>

<http://d.hatena.ne.jp/hp2/>

目次

はじめに	1
メイン画面	2
基本制御	3
メニュー	4
ステータスバー	4
PHD2 の使い方	6
機器の接続	6
カメラの選択	7
SBIG デュアルチップカメラのサポート	9
ASCOM カメラのプロパティ	9
同じタイプの複数のカメラ	10
マウントの選択	10
Aux マウントの選択	11
ASCOM（または INDI）接続を使用する利点	12
補償光学装置（AO）／ローテータの選択	14
シミュレータ	14
機器のプロファイル	15
新規プロファイルウィザード	16
露出時間と星の選択	18
オートキャリブレーション	19
通常のマウント	19
補償光学装置	21
ガイド	21
ダークフレームと不良ピクセルマップ	24
イントロダクション	24
ダークフレーム	24
不良ピクセルマップ（欠陥画素マップ）	27
不良ピクセルマップのリファインのためのステップバイステップガイド	29
ダークフレームや不良ピクセルマップの再利用	31
視覚化ツール	32
オーバーレイ表示（Overlay）	32
グラフ表示（Graphical Display）	33
統計情報表示（Stats Display）	35

ガイド星プロファイル表示とターゲット表示 (Star Profile and Target Displays) ...	36
Adaptive Optics (AO) Graph.....	37
Dockable/Moveable Graphical Windows.....	38
詳細設定	39
「全体」 (Global) タブ	40
「カメラ」 (Camera) タブ	42
ビニングの使用	45
「ガイド」 (Guiding) タブ	46
キャリブレーションステップの計算	50
「アルゴリズム」 (Algorithms) タブ	51
一方向赤緯ガイド.....	53
「Other Devices」 タブ	54
ガイドアルゴリズム	57
ガイド理論	57
ガイドアルゴリズムパラメータ	58
PHD2 プレディクティブ PEC ガイドアルゴリズム (PPEC).....	60
ツールとユーティリティ	63
手動ガイド (Manual guide)	63
星の自動選択	64
キャリブレーションデータの詳細.....	65
その他のキャリブレーション関連メニュー	66
PHD2 サーバ	67
ディザリング	67
ロギングおよびデバッグ出力	69
ドリフトアライメント	70
ロックポジション	72
彗星追尾 (Comet Tracking)	73
ガイドアシスタント	75
赤緯軸バックラッシュの測定	77
バックラッシュ補正.....	80
スタークロスツール	81
機器プロファイルの管理	82
“Ask for coordinates”による Aux マウント接続.....	82
シミュレータの詳細設定	84
プログラムの多重実行	85
キーボードショートカット.....	86

ソフトウェアアップデート	86
アップデートのチェック	87
キーボードショートカット一覧	88
トラブルシューティングと解析	89
キャリブレーションおよび初使用時の問題	89
キャリブレーションの妥当性チェック	90
赤緯軸のバックラッシュ	92
マウント制御の基本的な検証—スタークロステスト	93
マウントの挙動の測定	95
ディスプレイウィンドウの問題	97
ホットピクセルの問題	97
作業環境の復元	98
カメラのタイムアウトとダウンロードの問題	98
低いガイドパフォーマンス	100
警告メッセージ	101
ダークライブラリや不良ピクセルマップに関する警告	101
ASCOM に関する警告	102
カメラのタイムアウトに関する警告	103
キャリブレーションに関する警告	103
最大持続時間に関する警告	103
ログの解析	103
ガイドログの内容	104
問題の報告	106

はじめに

PHD2 は Craig Stark 氏のオリジナルの「PHD」の「第 2 世代」にあたるアプリケーションです。PHD は 25 万以上ダウンロードされ、アマチュア天文家コミュニティにおいて必須のツールとなっています。PHD は当初から、一見相反する 3 つの目標を実現しています。

1. 初心者やカジュアルユーザーに「ダウンロードしたそのままの状態」で使いやすさと優れたガイドパフォーマンスを提供する
2. 経験豊富なユーザーに、洗練されたガイディングアルゴリズム、幅広いチューニングの余地、および様々な画像機器について広範なサポートを提供する
3. すべてのユーザーに対して、無料で利用可能でありながら、一貫して商業レベルの品質を提供する。

PHD をより多くのプラットフォームに拡張し、さらにその機能を拡張するために、Craig は、オープンソースコミュニティに彼のプログラムをリリースし、その結果として PHD2 は生まれました。PHD2 は、将来的な拡張性とサポートを見据え、再構築されました。さらに、初期リリースの PHD2 はすでに、元のすべてのコアの強みを維持しながら、かなりの数の新機能と改良点を含んでいます。ユーザーは、元のアプリケーションが非常に成功した要因である「3 つの目標」に PHD2 が引き続き注力していることを実感できるでしょう。

メイン画面

PHD2のメインウィンドウは、起動後ただちに自然な流れでガイドを始められるように、使いやすく、分かりやすいように設計されています。基本的な手順は以下のとおりです。

1. ガイドカメラとマウントを接続します。
2. 視野内のどの星がガイドに使用できるかを確認するため露出を開始します。
3. ガイドに使う星を選択し、オートガイダーをキャリブレーションします。
4. 様々な表示ツールを使用して状況を監視しつつ、ガイドを行います。
5. ガイドを停止します。必要に応じてガイドを再開します。



画面の大部分はガイドカメラからの映像の表示に使われています。ガイドに利用可能な星を判断できるように、表示の大きさや明るさ、コントラストは自動的に調整されます。ただし、これらの調整はあくまでも表示に対してのみ行われるもので、内部的には、PHD2はガイド精度を最大化するために、未調整の生データを使用します。ここでの表示は、ガ

イドに使う星をクリックで選択するために使用されます。スライダーを使うと、かすかな星像が見えやすくなるよう調整することができます。

基本制御

画面の下の方にあるのがメインコントロール部分です。PHD2 は、主にこれらのボタンやスライダー、およびウィンドウ上部にあるプルダウンメニューで制御されます。ボタンは左から順に以下の通りです。

1. USB 接続アイコン：カメラをはじめとした機器を接続するために使用
2. ループアイコン：ガイドカメラによる繰り返し露出（ルーピング）を開始するために使用。結果の画像（ガイドフレーム）はメインウィンドウに表示されます。ガイドが行われている時に再度「ループ」アイコンをクリックすると、繰り返し露出を継続しながらもガイドを一時停止します。
3. PHD2/ガイドアイコン：必要に応じてキャリブレーションを開始し、選択された星に対してガイドを開始するために使用。
4. 停止アイコン：ガイドと繰り返し露出の両方を停止するために使用

停止アイコンの右に露出期間（0.001 秒～15 秒）のプルダウンリストがあります。ガイドカメラの露出時間を素早く設定するには、このコントロールを使用します。お使いのカメラが露出時間の指定をサポートしていない場合は、PHD2 は露出時間をエミュレートするために最善を尽くします。例えば、露出時間を最大 1/30 秒までしか設定できないウェブカメラを使っている場合、希望の露出時間として 1 秒を選択すると、PHD2 は自動的に 1 秒間分の画像を取得し、これらをスタッキングしてガイド用の合成画像を作成します。

右隣のスライダーは画像のコントラスト、いわゆるガンマ値を調整するためのものです。PHD2 はこれを自動的に調整しますが、視野内の星が見やすくなるよう、自分で調整したい状況があります。例えば、初めてガイドカメラの焦点を合わせる際、大きなピンボケ星の画像を見る必要がある場合などに便利でしょう。このガンマスライダーは、見やすいように表示の明暗を調整するだけのものです。PHD2 はカメラからの生データを用いてガイドを行っているので、スライダーを動かしてもガイドには影響しません。画面が「完全に真っ白」または「完全に真っ黒」の場合、たいていは視野の中に利用できる星がないことを示しています。

ガンマスライダーの隣は、いわゆる「脳みそボタン」です。このボタンは、PHD2 のガイディング動作を細かく調整するための「[詳細設定](#)」ダイアログを表示します。これらのパラメータを変更する必要性を最小限にすることが本プログラムの主要な設計目標ですが、調整を恐れることは何ともありません。ここで利用可能な調整項目は大幅にあなたの体験を向上させることができます。ある程度時間をかけて、ここのダイアログを見て何ができるかを学ぶべきです。

右端にあるのは、「カメラプロパティ」ボタンです。ガイドカメラの種類によっては、このボタンからカメラ独自の設定を行えることがあります。しかし、ゲインやビニングといった一般的な設定は、通常、「詳細設定」の「カメラ」タブで行います。ボタンが無効になっている場合、様々な設定は「詳細設定」から行えます。

メニュー

メインウィンドウ上部にあるプルダウンメニューは、様々な機能にアクセスするために使用されます。これらはこのヘルプドキュメントの「[ダークと不良ピクセルマップ](#)」、「[ツールとユーティリティ](#)」または「[視覚化ツール](#)」セクションに記載されています。

ステータスバー



メインウィンドウの下部のステータスバーは、メッセージおよびステータス情報を表示するために使用され、ガイド動作を追跡するのに役立ちます。

ステータスバーの中央付近には、ガイド星の現在の状態が表示されます。S/N 比 (SNR) が 10 以下になると、星を見失う可能性があるという警告として、その値が黄色で表示されます。ガイド星の像が飽和している場合、S/N 比の左側に赤い字で「SAT」 (Saturated) と表示されます。

ガイド星のステータス表示の右側には、直近の赤経方向および赤緯方向のガイドコマンドを示す2つのテキストフィールドがあります。ここにはガイドパルスの大きさ、ピクセル単位であらわした修正量、修正方向を示す矢印が表示されます。矢印は通常の方位表示に従っていて、赤緯側の上矢印／下矢印は北／南に、赤経側の左矢印／右矢印は西／東に対応しています。同様の情報はすべてログファイルに記録されていて、様々なツールで表示することが可能です。これはガイドのパフォーマンスを視覚化するために必要なものです。しかし、ステータスバーのこの表示は、異常を視覚的に素早く発見するのに役立ちます。

ステータスバーの右端には、PHD2の現在の状態を視覚的に示すアイコンがあります。これらのアイコンは色によって現在の状態を把握できるようになっています。その意味は以下の通りです。

Dark : 赤は、ダークライブラリも不良ピクセルマップも使われていないことを示し、緑は、これらのいずれかが使われていることを示します。不良ピクセルマップを使用している場合、この文字は「Dark」ではなく「BPM」(Bad-Pixel Map)になります。

Cal : キャリブレーションの状態を示します。赤は、キャリブレーションが行われていないことを示します。黄色は、キャリブレーションはされているものの、望遠鏡が向いている方向が考慮されていないことを示します。これはPHD2においてASCOT またはAuxマウントによる接続が使用されていないときに起こります。ここが黄色の場合、赤緯の異なる方向に望遠鏡を向けたとき、再キャリブレーションが必要になります。

ボール (●) : 機器プロファイルに登録されている機器が正しく接続されているかどうかを示します。ボールが緑ならすべて正しく接続されていますが、黄色の場合、いくつかは接続されていません。

マウスカーソルをこれらのアイコンの上に動かすと、現在の状態の詳細を見ることができます。

PHD2 の使い方

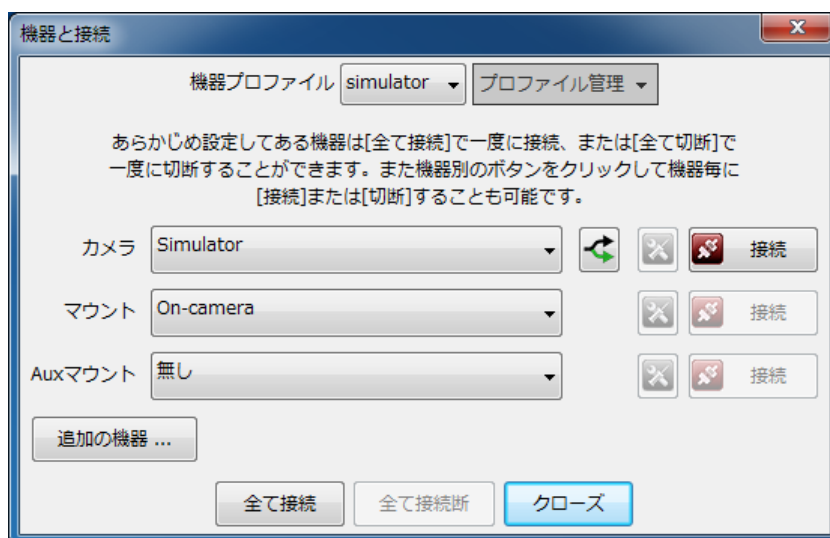
ガイドを開始するには 5 つの基本的なステップがあります。

1. カメラボタンを押して、ガイドカメラとマウントを接続する。
2. ドロップダウンリストから露出時間を決定する。
3. ループボタンを押して星を探す（必要ならピント合わせもここで）。ガイドマウントを動かしたり、露出時間を調整したりしてガイドに適した星を決定する。
4. 画面の端に極端に近くなく、飽和していない星をガイド星として選び、クリックする。
5. PHD2 ガイドボタンを押す。

それぞれの操作の詳細は、以下のセクションで説明します。

機器の接続

ガイドを始めるために、まずは PHD2 をガイドカメラ、マウント、オプションとして Aux マウント、補償光学装置（AO）、ローテータなどのハードウェアに接続する必要があります。USB アイコンをクリックすると、以下のようなダイアログが出てきます。



カメラの選択

ドロップダウンリストには、現在 PHD2 でサポートされているカメラが並んでいます。PHD2 でカメラを利用するためには、各 OS に応じたドライバが正しくインストールされている必要があります。カメラが ASCOM インターフェイスを使用する場合には、そのカメラに対応した ASCOM ドライバのインストールも必要です。使おうとしている ASCOM 互換カメラがドロップダウンリスト中に現れない場合、おそらく ASCOM ドライバのインストールが必要です。PHD2 には ASCOM ドライバも OS 用のドライバも同梱されていないので、ドライバは別途入手し、インストールする必要があります。ASCOM 接続しないカメラの場合、カメラを PHD2 から利用するのに必要な追加アプリケーションライブラリは PHD2 に含まれています。

PHD2 でサポートされているカメラの完全なリストを示すのは現実的ではありません。多くの場合、カメラベンダーは PHD2 で使われるアプリケーションライブラリを変更することなく、ドライバのアップデートによって製品ラインを拡大します。このようなケースでは、ユーザーから問題が指摘されない限り、我々は変更に気付きません。以下に示すリストは、次のように解釈すべきです。

1. カメラベンダーが完全になくなっている場合、そのカメラはサポートされないか、Web-cam インターフェイスでの利用のみサポートされます。
2. リスト中にそのカメラの機種があった場合、ベンダーのドライバに起因する解決不能な問題が発生しない限り、そのカメラはサポートされます。
3. あるカメラの機種がリストにはなく、一方で、同系列のより古いモデルがリスト中にある場合、たいていそのカメラはサポートされます。
4. カメラが ASCOM インターフェイスを利用する場合、そのカメラはサポートされます。

PHD2 のダウンロードは無料ですから、サポートの有無を確認するもっとも単純な方法は PHD2 をインストールしてリスト中にお使いのカメラが出てくるかどうか確認することです。あるいは、PHD2 Google Forum の Wiki 上にあるサポート情報をチェックすることもできます。

<https://github.com/OpenPHDGuiding/phd2/wiki/CameraSupport>

さらには、[open-phd-guiding forum](https://open-phd-guiding-forum) に投稿して、そのカメラを使ったことがある人がいるかどうか尋ねてみることもできます。

基本サポートしているカメラ

Windows:

- ASCOM v5/6 compliant cameras
- Atik 16 series, color or monochrome
- Atik Gen 3 color or monochrome
- CCD-Labs Q-Guider
- Fishcamp Starfish
- iNova PLC-M
- MagZero MZ-5
- Meade DSI series: I-III, color and monochrome
- Orion StarShoot DSCI
- Orion Starshoot Autoguider
- Orion Starshoot Planetary Imager and Autoguider
- QHY 5-II
- QHY 5L-II
- SAC4-2
- SBIG
- SBIG rotator
- Starlight Xpress SXF / SXVF / Lodestar
- Webcams (LXUSB, parallel, serial, OpenCV, WDM)
- ZWO ASI

Mac:

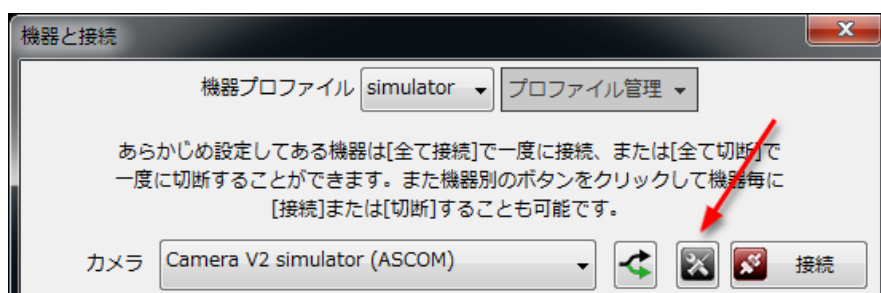
- Fishcamp Starfish
- KWIQGuider
- Meade DSI series: I-III, color and monochrome
- Orion Starshoot Autoguider
- SBIG
- Starlight XPress SXV
- The Imaging Source (DCAM Firewire)
- ZWO ASI

SBIG デュアルチップカメラのサポート

SBIG のカメラの多くには、撮影用とガイド用の 2 つのセンサーが搭載されています。2 つのセンサーは物理的に分かれています、カメラ内部の電子回路は共有しており、コンピュータとの接続も 1 つの USB データリンクを分け合っています。このことは、2 つのセンサーからのデータ転送は調整されている—すなわち、メインセンサーからデータが転送している間はガイドからデータを受け取れないということを意味しています。さらに、Windows には 1 つの USB リンクで接続されたカメラには、同時に 1 つのアプリケーションしか接続できないという制限があります。これらの物理的かつアーキテクチャ上の制限は、PHD2 だけでは回避できません。しかし、カメラコントロール (イメージキャプチャ) アプリケーションに、上記のような制限を迂回し、ガイドチップからのデータを PHD2 に転送するようなインターフェイスを実装することは可能です。この方法においては、イメージキャプチャアプリケーションは 2 つのセンサーへのアクセスを調整する交通警察のような役割を果たします。これを書いている時点 (2015 年 10 月) で、この機能を有しているのは Sequence Generator Pro (SGP) のみです。SGP をメインのイメージングアプリケーションとして用いているのであれば、SGP API Guider モジュールを使用することで、PHD2 が SBIG 製カメラのガイドチップにアクセスすることが可能になります。

ASCOM カメラのプロパティ

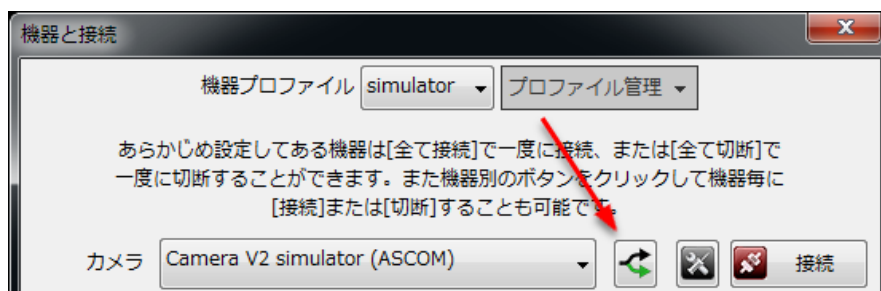
ASCOM 互換カメラを選んだ場合、「接続」 (Connect) ボタンの左隣にあるボタンを押すことで、カメラの ASCOM 設定ダイアログにアクセスすることができます。



カメラによっては、ここから PHD2 では制御できないプロパティにアクセスすることができます。

同じタイプの複数のカメラ

コンピュータに同じメーカーの複数のカメラが接続されている場合、PHD2 で使用するカメラがどちらであるか指定する必要があります。カメラのドロップダウンリストの右側にある「フォーク」ボタンをクリックすることで、これを行うことができます。



ボタンをクリックすると、選択可能なカメラのリストが現れ、使いたいカメラをここから選ぶことができます。ここで選択したカメラは PHD2 に記憶され、機器プロファイルの一部として保存されます。なので、この選択は一度行うだけで大丈夫です。

マウントの選択

ドロップリストにはマウントを接続するためのオプションが表示されます。マウントの接続には一般的に 2 つの方法があります。

1. ASCOM 互換望遠鏡ドライバを用い、ガイド信号をシリアルケーブルで送る（より一般的な言い方をすれば USB 接続またはシリアル接続）。
2. マウントの ST-4 互換ガイドポートと中継装置（カメラ、Shoestring Astronomy 製リレーボックスなど）を専用ケーブルで接続する。

ASCOM インターフェイスは、マウントとの通信をサードパーティ製のドライバに依存しています。これらのドライバは ASCOM のウェブサイト ([ASCOM Standard](http://www.ascom-astro.com/)) やマウントのメーカーから入手可能です（PHD2 からは提供されません）。そのため、ドロップダウンリストにはシステムにインストールした ASCOM ドライバの分しか現れません。ASCOM ドライバは、長年にわたって ASCOM 準拠の要件であり、広くサポートされてきた「PulseGuide」インターフェイスをサポートしていなければなりません。このタイプのマウント制御では、PHD2 からのガイドコマンドはシリアルインターフェイスを通じてマ

ウントに送られます。PHD2 の高級ガイドコマンド（「西へ 500 ミリ秒角移動」など）は、マウントのファームウェアによってモーター制御信号に変換されます。また、ASCOT インターフェイスにより、PHD2 はマウントの向いている方向、特にオートガイダーのキャリブレーションに必要な、赤緯の情報とマウントに対する望遠鏡の位置の情報を得ることができます。

「ガイドポート」インターフェイスは多くのマウントで使用可能で、各マウントに特化したハードウェアレベルの制御ポートを使用します。このタイプのインターフェイスを使用するためには、PHD2 とマウントとを接続するために下記のいずれかの装置が必要です。

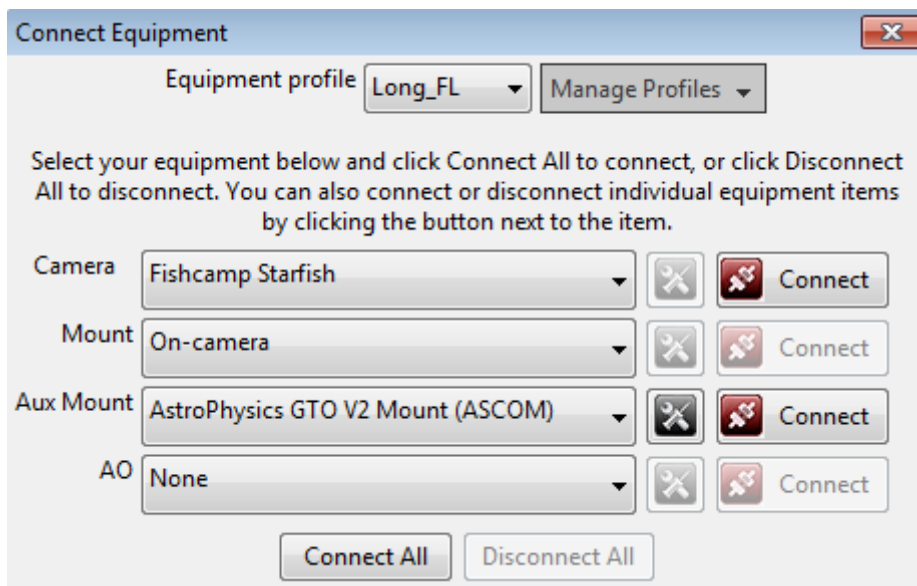
1. ST-4 互換「オンボード」インターフェイスを持つガイドカメラ
2. Shoestring Astronomy の GP-xxx デバイス
3. ガイドポートインターフェイスを備えた補償光学装置

このタイプのマウント制御では、PHD2 からのガイドコマンド（「西へ 500 ミリ秒角移動」など）は上記のような中継装置によって、マウントのモーターを必要量、必要時間だけ動かすための電気信号に変換されます。

Aux マウントの選択

（訳注：Aux…Auxiliary の略。「補助の」「予備の」といった意味合い）

「マウント」の項目で ST-4 互換インターフェイスを選択した場合、望遠鏡が向いている方向についての情報を得ることができません。すなわち、キャリブレーション時にガイド星の赤緯の情報を自動的に考慮したり、天体の子午線通過に伴って自動的に望遠鏡の姿勢を反転させたりといったことが不可能になります。これらの機能を利用したい場合、Aux マウントの項目を利用し接続します。以下がその例です。



Linux ユーザーは INDI ドライバによって、Windows ユーザーは ASCOM 互換ドライバによって Aux マウントの機能を利用することができます。なお、Aux マウントの項目は、マウントのプライマリインターフェイスが姿勢を通知することができない場合にのみ利用し、それ以外の場合は無視してかまいません。

注：一部のマウント（例：Celestron や iOptron）には「Aux」とラベルされたハードウェアポートがマウント本体やコントローラについていますが、これをガイドに使っては いけません。PHD2 で言うところの Aux 接続とは全く無関係です。

Aux マウントのリストの末尾には「Ask for coordinates」と書かれた項目があります。これは、マウントに ASCOM や INDI で接続できない場合に、基礎的な Aux マウントの機能を提供します。このオプションを実行する必要がある場合、詳細は「[ツールとユーティリティ](#)」の項を参照してください。

ASCOM（または INDI）接続を使用する利点

Windows プラットフォームを利用している場合は、ASCOM 接続を使用してマウントをガイドの方がよいでしょう。それ以外の OS では、利用可能な場合は INDI 接続が最適です。このアドバイスは、旧来のやり方やウェブ上で広まっている通説に反していて、ガイドカメラのメーカーからはおそらく聞いたこともない話ないでしょう。しかし、PHD2 で

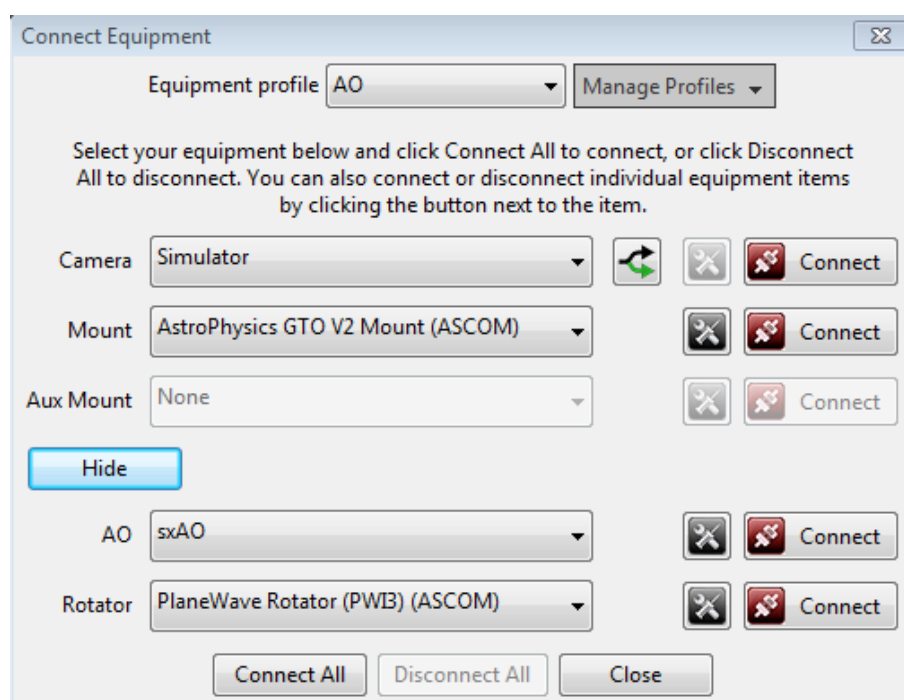
この接続方法を使うメリットは大きいので、特定の信頼できる情報を持っていない限り、この方法を使うべきです。主な利点は次のとおりです。

1. 再キャリブレーション回数の大幅な減少。PHD2 は望遠鏡がどこを向いているかを知ることができるようになります。そのため、それに合わせてキャリブレーション結果を自動的に調整することができるようになり、ターゲットを変えても再キャリブレーションをする必要がなくなります。ほとんどの場合、良好なキャリブレーション結果が得られ、なんらかのハードウェアの変更を行うまで再利用することができます。
2. 子午線反転の自動調整。望遠鏡が子午線を挟んで動くとき、望遠鏡の姿勢が **Telescope west** から **Telescope east** へと反転しますが、このときにキャリブレーションデータを手動で反転させる必要がありません。
3. 空の異なるターゲットに向けた時の、赤経キャリブレーションの自動補正（赤緯補償）
4. ST-4 ケーブル由来のトラブルを防ぐ。ケーブルが壊れたり、電話線などのよく似たケーブルと混同したりする可能性があり、これは驚くほど一般的な問題です。
5. 望遠鏡が動いたときに、ケーブルが引っかかったり、引きずられたり、絡まったりする可能性を減らします。
6. PHD2 によるキャリブレーション結果のチェック機能が向上し、撮影時間を無駄にしまう前に、起こりうる問題を警告できるようになります。
7. 診断やトラブルシューティングに関する情報の改善。これは、援助を求める必要がある場合に特に役立ちます
8. 極軸合わせのプロセスをより高速化できる、ドリフトアラインメント中の望遠鏡旋回オプションが利用できるようになります。

2005 年ごろより以前に製造された古いマウントの場合、ファームウェアレベルで ASCOM のパルスガイドをサポートしていない可能性があります。そのような場合は、ST-4 インターフェイスを使用してより良いガイド結果を得ることができます。よく分からない場合は、マウントの説明書を参照するか、パルスガイドのサポートの有無についてフォーラムで質問するなどしてください。このような場合でも、PHD2 の「Aux マウント接続」を介して ASCOM を利用することができ、上記の利点の多くを得ることができます。掲示板で見られるよくある誤解は、ST-4 接続でのガイドはハードウェアベースであるため、正確で応答が早いというものです。しかし、目にする可能性がある現代的なマウントについては、これはもはや真実ではありません。ST-4 接続といえども、そのケーブルの先では ASCOM 接続でのガイドと同様、ソフトウェアが走っているのですから。結論はこうです。使っているマウントについて、利用できる ASCOM ドライバまたは INDI ドライバがある場合、それを使用すべきです。

補償光学装置（AO）／ローテータの選択

PHD2 では StarlightXpress 製の補償光学装置や、いくつかの ASCOM 互換カメラ回転装置（ローテータ）を制御することができます。これらの項目は「More Equipment」のボタンをクリックすると現れます。



このような装置を持っていない場合、この項目は「無し」のままにしてください。これらの機器が接続された場合、「詳細設定」（Advanced setting）ダイアログにこれらの機器に関連した設定をするための新しいタブが追加されます。PHD2 はローテータを直接制御はしませんが、ローテータの現在の角度を取得して、必要に応じてガイド時のキャリブレーションを調整します。

シミュレータ

PHD2 で制御されるすべての機器—カメラ、マウント、AO—について、PHD2 にはシミュレータが内蔵されています。ASCOM と同時にインストールされる ASCOM シミュレー

タの類と混同しないようにしてください。ASCOM シミュレータに接続してもその動作は PHD2 のガイドやキャリブレーションには反映されず、結果として極めて限られた情報しか得られません。しかし、PHD2 内蔵のシミュレータを使うことで、PHD2 がどのように動作するのかを調べ、どのようにこのプログラムを使用するかを決めることができます。PHD2 の操作を学ぶためだけに貴重な観測時間を無駄にする必要はありません！シミュレータを使用した場合でも、キャリブレーションやグラフィカルな表示機能を含め、PHD2 の全ての機能は正しく動作します。このシミュレータは実使用時に思いつくようなことを確認できるよう、かなり現実に近いガイドパフォーマンスを示します。シミュレータを使用するためには、カメラの選択で「**Simulator**」、マウントの選択で「**On-camera**」を選びます。

ただしシミュレータは、現実のマウントで発生した問題のトラブルシューティングには役に立ちません。問題を診断したり、装置を校正して作動させたりするためには、カメラとマウントの両方が現実のデバイスでなければなりません。シミュレータを使っているときに見えるものは本物っぽいですが、その意味で、あくまで「偽の」動作にすぎません。シミュレータは、PHD2 のアプリケーション側の問題を再現するのには役立つかもしれませんが、現実のガイド装置とは全く関係ありません。

機器のプロファイル

「機器を接続」ダイアログの最上部には、機器構成を管理するためのコントロールがあります。PHD2 でのガイド機器のセッティングは、デフォルトのものも含め、プロファイルとして自動的に保存されます。いつも同じカメラ、同じガイド鏡を用いるのであれば、これをデフォルトとして、特にプロファイルの使い分けは必要ありません。しかし複数の機器構成—例えば長焦点鏡を用いる場合はオフアキシスガイドを用い、短焦点鏡を用いる場合は別途ガイド鏡を用いる、など—を使い分ける場合もあります。この場合、PHD2 のガイドセッティングはそれぞれで異なるので、別々のプロファイルに保存したいものです。

「機器を接続」ダイアログ最上部のコントロールを用いると、使用したいプロファイルの選択や、プロファイルの作成・編集・削除を行うことができます。使用したいプロファイルを選択し、対応する機器を接続すると、そのプロファイルで前回使用した時のセッティングが自動的に読み込まれます。一度プロファイルを確立してしまえば、次からは「すべて接続」をクリックするだけで、先に進むことができます。

もしすでにデフォルトの機器構成があり、単に前回と同じ構成で接続したいのであれば、シフトキーを押しながらメインウィンドウのカメラボタンをクリックすることで接続することができます。

新規プロファイルウィザード

新しいプロファイルを作成するには、ウィザードの使用をお勧めします。ウィザードは設定の説明を行う一連のダイアログを通じ、設定を助けます。正しくガイドが行われるよう、ガイドアルゴリズムの推奨設定値も計算されます。この方法を使えば、「機器の接続」ダイアログから手動でプロファイルを作成するより速く、かつ間違いなくプロファイルを作成することができます。PHD2 を初めて起動すると、ウィザードが自動的に立ち上がります。また「機器の接続」ダイアログの「プロファイル管理」で「新規 ウィザードを使う…」を選択することでもウィザードを起動することができます。

ウィザードは、プロファイルを正しく構築するために重要な質問をしてきます。ウィザードの各場面で、何を尋ねられていて何を答えるべきか、は画面に表示される説明文を見れば分かります。しかし、ここではプロセスを進めるのに役立つ追加情報をご紹介します。

1. 「ガイドカメラ選択」(Camera connection) 画面：unbinned pixel size

このフィールドの横にある「検出」ボタンを使用すると、カメラから直接ピクセルサイズを取得できます。このオプションを最初に試してください。しかし、一部のカメラやドライバはこの情報を提供しないので、自分で入力する必要があります。ピニングしていない状態でのピクセルサイズは、カメラのスペックシートやメーカーのウェブサイトで調べることができます。ピクセルが正方形でない場合、どちらかの辺の長さ、または平均値を入力します。ここに入力した値はガイド結果には影響を与えませんが、PHD2 でガイド結果を秒角単位で表示することができるようになります。これはパフォーマンスを調べる最良の方法です。

2. 「ガイドカメラ選択」画面：ガイド鏡の焦点距離

ここはもっとも間違いやすい場所なので、注意して正しい値を入力しましょう。ここに入力するのはガイド鏡の口径ではなく焦点距離です。例えば「50mm ファインダー」をガイドに使う場合、焦点距離は 50mm ではなく、おそらく 150～175mm くらいではないでしょうか。60～80mm の屈折式ガイド鏡なら、焦点距離は 240～500mm くらいでしょう。60～80mm ではありません。同様に、撮影鏡に取り付けたオフアキシスガイダーを使う場

合、焦点距離は撮影鏡のものになります。ガイドカメラに小型のレデューサーを装着している場合には、それも計算に入れます。ピクセルサイズの情報と同様、焦点距離の数字は厳密である必要はありませんが、なるべく実際に近いものにしてください。そうしないと、パフォーマンスを表す数字が実際の結果を反映しないものになってしまいます。

3. 「マウント接続の選択」 (Mount connection) 画面 : mount guide speed

これも混乱しやすい部分です。ここにはガイドスピードを入力するのですが、実際に使われるガイドスピードのパラメータはマウントまたはマウントのドライバに設定するもので、PHD2 はガイドスピードについては制御を行いません（訳注：つまり、ここには「マウントにセットした設定値」を入力します）。PHD2 が行うのはガイドスピードの値の読み込みのみです。通常、ガイドスピードは日周運動の速度の倍数で表され、 $0.5\times\sim 1\times$ くらいにするのが普通です。はるかに遅い速度にするよりは、この範囲の速度に設定した方が一般に良い結果が得られます。より速いガイドスピードはバックラッシュを素早く解消するのに役立ち、また「stiction」として知られる問題の克服につながる場合があります（訳注：マウントのギアの噛み合いが渋い場合などに、モーターの回転力が回転機構の抵抗力に負けてしまう場合があります。この抵抗力を static friction（静止摩擦）、縮めて俗に「stiction」と呼びます。stiction が大きいと、モーターの回転力は回転機構の中にひずみとして蓄積され続け、これが抵抗力を上回ると、ばねで弾かれたように軸が一気に回転します。これは補正のオーバーシュートとしてガイド結果に現れます）。マウントが物理的に接続されていて、ASCOM（または INDI）インターフェイスを使用している場合、「検出」 (Detect) ボタンをクリックすると、PHD2 はマウントから現在のガイド速度を読み込もうとします。これが何らかの理由で失敗した場合は、手動でガイド速度を入力する必要があります。PHD2 はこの値を使用してキャリブレーション・ステップサイズを自動的に設定し、キャリブレーション結果の確認を支援します。しかし、ガイドスピードの情報は実際のガイドにとって重要ではありません。赤経軸と赤緯軸とで異なるガイドスピードを用いている場合、大きい方の値を入力します。マウントに設定されたガイドスピードの値が分からない場合は、デフォルト値の 0.5 のままにしておきます。

ウィザードの最後には、そのプロファイルで用いるダークライブラリを作成するオプションがあります。すでに互換性のあるダークライブラリが手元にあって、これを別のプロファイルからインポートするのでない限り、ダークライブラリの作成は必ず行うべきです。カメラを交換した場合、以前のカメラで作成したダークライブラリや不良ピクセルマップを保持したい時は、新しいカメラ用に別個のプロファイルを作成します。既存のプロファイル上でカメラのみを変更すると、以前に作成したダークライブラリや不良ピクセルマップ使用できなくなります。同じカメラで異なるビニング係数を使用する場合も同様です。

ダークライブラリと不良ピクセルマップはビニング係数に依存するため、ビニング係数が異なる場合、別々のプロファイルに保存する必要があります。

露出時間と星の選択

ガイドに使う星は「ルーピング」が行われている間にクリックすることで選ぶことができます。ルーピングを止めた後に選ぶこともできますが、露出を止めてから星を選ぶまでの間に星が動いてしまう可能性があるため、前者がお勧めです。星を選ぶ際、高い精度で星の位置をクリックする必要はありません。PHD2はクリックされた位置に最も近い星を自動的に見つけるからです。星を選択すると、星を囲むように緑色のボックスが現れます。もし明るすぎる星を選んだ場合、「SAT」（saturated, 飽和しています）と警告が出るので、より暗い星を選んでください。ガンマスライダーを操作することで、より暗い星まで見つけることができます。露出時間は機器構成や空の状態、視野内の星によって変わってきます。露出時間にはいくつかの意味があります。

1. 選択した星からのシグナル強度に影響します。明るい星は背景から際立っていて、飽和していない限りは一般的に良好なガイド結果をもたらします。
2. マウントに送られるガイドコマンドの頻度を決定します。ガイドコマンドは1回の露出時間より短い間隔で送出することはできません。マウントによってはこまめなガイド修正が有効な場合がありますが、逆にそうでない場合もあります。どのような動作が自分のシステムに最適か、試行錯誤が必要かもしれません。
3. シーイングの状況はガイドアルゴリズムの感度に大きな影響を与えます。露出時間を2～6秒程度に延ばすと、シーイングの影響が緩和されます。シーイングによる大きく、高頻度な星の動きはカメラで平均化されるので、ガイドアルゴリズムはシーイングによる星の動きと、本来修正すべき星の動きとを容易に識別できるようになります。特にガイド鏡の焦点距離が長い場合は注意が必要です。

まずは手始めに、2～4秒の範囲で露出時間を調整してみるとよいでしょう。画面上に星が見えるようになってきたら、自分自身でガイド星をクリックして選ぶより、PHD2の自動選択機能（キーボードショートカット：Alt-S）を利用してみましょう。初めて機材を設定する場合、よりよいガイドのために、ガイドカメラのピントを合わせる必要があります。ガイド星プロファイル表示（Star Profile）ツールが役に立つでしょう。

カメラの露出時間コントロールは、広範囲の予め設定された露出時間を表示します。1秒未満の露出時間は、AOや他の特殊な状況での使用を想定しており、一般的なガイドカメラの設定には適していません。また、リストの一番下には、まだ表示されていない値を指定できる「カスタム」露出オプションもあります。繰り返しますが、これは特殊なアプリケーション、例えば異常に長い露光時間が必要な場合に使用します。

露出時間を「オート」にすることもできます。「オート」にセットした場合、PHD2は選択されたガイド星のS/N比が一定になるよう露出を調整します。PHD2によって測定されるこの値は、星が背景からどれだけよく識別できるかを示すもので、測光で言うところのS/N比とは似て非なるものです。「オート」のセッティングは、ガイド星を見失わない範囲で露出時間を極力切りつめたいAOのユーザーにとって特に有用です。オート露出のコントロールについては「詳細設定」(Advanced setting)の「カメラ」(Camera)タブで設定することができます。AOを使わないユーザーは、ガイド結果の解釈が難しくなるので「オート」の設定は使わない方がいいでしょう。

オートキャリブレーション

通常のマウント

キャリブレーションでは2つの項目について測定を行います。

1. 望遠鏡の赤緯軸、赤経軸に対するガイドカメラの傾き
2. 望遠鏡を特定の量だけ動かすのに必要なガイド信号の長さ

PHD2は、マウントにガイド信号を送り、その時の星の動きを監視することで上記の項目を測定します。このプロセスはガイド星を選択し、「ガイド/ターゲットアイコン」ボタンを押すと開始されます。ガイド星上には黄色い十字線が現れ、PHD2はマウントを様々な方向に動かして、コマンドに応じて星がどう動くかを監視します。ステータスバーには、開始位置からのガイド星の相対的な動きと、送信されたコマンドが表示されます。PHD2は最初に東西、次に南北と、2つの軸についてこの動作を行います。正確なキャリブレーションのためには、各方向とも25ピクセル以内の移動が望ましいです。これが完了すると、黄色い十字線は緑色に変わり、自動的にガイドが開始されます。

PHD2 は四方向にガイド星を動かしますが、ガイドレートやカメラの傾きの決定には西方向と北方向の動きしか計算に使いません。東方向と南方向の動きは、星の位置を初期状態に戻すためだけのものです。北方向に動き始める際、バックラッシュを解消するために一連のパルスが発信されるのに気付くかもしれません。PHD2 は、マウントの動く方向を反転したときに星が動くかどうかを監視し、それを元にバックラッシュを解消する、より積極的なアプローチを取っています。それでも、特に長い焦点距離でガイドをしようとしている場合など、架台の赤緯側のバックラッシュを解消しきれないことがあります。その場合、計算された赤緯側のレートは実際よりも低くなりますが、このような状況については「[ツールとユーティリティ](#)」の章で議論します。南向きのパルスが発信されても星が初期位置に戻りきらないことがあります。これは架台の赤緯側バックラッシュが可視化された例の 1 つです。大きなバックラッシュの証拠を見つけた場合、「ガイドアシスタント」を使うことで、その大きさを直接測定することができます。

多くの場合、ユーザーが何もしなくてもキャリブレーションは自動的に完了します。頻繁にキャリブレーションに失敗する場合は、[トラブルシューティング](#)を参照してください。

「マウント」または「Aux マウント」に ASCOM 接続（または INDI 接続）を使用している場合、キャリブレーション結果は長期間にわたって再利用可能で、操作に当たって好ましい方法です。これらの接続方法では、PHD2 は望遠鏡がどこを指しているかを知ることができます。そのため、空のある点で行われたキャリブレーション結果は、望遠鏡が異なる目標に向いた場合でも、その位置に合わせて自動的に調整されます。PHD2 が望遠鏡の向きについての情報を持っている限り、望遠鏡の向きが変わったり、姿勢が変わったりするたびに再キャリブレーションが必要になるようなやり方は過去のものです。ASCOM 接続などを利用している場合、装着したガイドカメラの傾きが 5 度以上異なるか、ハードウェアの大きな変更があった場合にのみ再キャリブレーションを行います。一般に、天の赤道から ± 20 度の範囲内で、大きなシーイングの乱れがない高度でキャリブレーションを行うと、最も良い結果が得られます。この接続方法では、PHD2 は望遠鏡の向きについての情報を持っているので、「詳細設定」のガイド (Guiding) タブにある 'Auto restore calibration' オプションには自動的にチェックが入ります。この時点から、機器に接続してガイド星を選択し、すぐにガイドを始めることができます。最後に、機器プロファイルにローテータを登録して使っている場合、PHD2 はローテータ接続を利用することで、ガイドカメラの角度位置に基づいたキャリブレーションの調整を行います。これで再キャリブレーションの必要性がまた一つ減ります。

直近のキャリブレーション結果は、「ツール」メニューから「キャリブレーションデータの参照」 (Review Calibration Data) を選ぶことでいつでも確認できます。ダイアログ

が開くと、架台の動きが各種の計算数値とともにグラフィカルに表示されます。このウィンドウについては「キャリブレーションデータの詳細」の項にも記載されています。簡単なクオリティチェックとしては、このウィンドウで 1) 赤経軸と赤緯軸が直交しているか 2) プロットされた点が明らかに曲線を描いたり、折れ曲がったり、密集したり、途中で逆行したりすることなく、おおよそ直線上に載っていることを確認します。もしグラフにこうしたおかしいパターンを見つけた場合は、キャリブレーションを再実行するべきでしょう。たとえハイエンドのマウントを使用していたとしても、風や悪シーイングといった外部要因でキャリブレーション結果を破棄しなければならないことはあります。

キャリブレーションが終わると、PHD2 はキャリブレーション結果が妥当かどうかのチェックを行います。もし何らかの異常があれば、メインウィンドウの上部にキャリブレーション結果に疑問がある旨の警告が表示されます。メッセージを閉じて警告を無視することもできますし、「詳細」を押して警告についての詳しい情報を見ることもできます。明らかに不適切なキャリブレーション結果を利用する意味はありませんから、これらの警告には一般に注意を払うべきです。

補償光学装置

補償光学装置 (Adaptive Optics Devices, AO) を使用している場合、2 つのキャリブレーションプロセスを完了する必要があります。最初は AO のチップ/ティルトミラーのキャリブレーションで、これらがガイド星の移動に与える影響の大きさと方向を計算します。2 つ目のキャリブレーションは、上述の場合と同様、マウントを動かすのに必要なガイドコマンドの量を定めるものです。ガイド星が AO で補正できる範囲を超えて動いた場合、「bump」コマンドとして知られるコマンドが発行され、マウントの動作によってガイド星が中央に戻されます。後者のマウントのキャリブレーションはこれに対応したものです。

ガイド

ガイドが始まると、どんなガイドコマンドがマウントに送信されているかを示す診断メッセージがステータスバーに表示されます。PHD2 は停止アイコンがクリックされるまでガイドを継続します。ガイドを再開するには、ルーピングを開始し、星を選んでガイドボ

タンを押すだけです。キャリブレーションを再度行う必要はありません。PHD2 がガイド星を見失った場合、ビープ音とオレンジ色の十字線の点滅で警告します。これは以下のような理由で発生することがあります。

1. 雲や観測所の屋根、木などによって星が隠された場合
2. マウントやカメラ、ケーブルなどのズレが原因で星が追跡範囲の四角から飛び出した場合。ケーブルの引っ掛かりがしばしばこれを引き起こします。
3. 星像が微かすぎるなどの理由で星を見失った場合

ともあれ、原因を特定し、これを解消する必要があります。なお、PHD2 がガイド星を再発見するために勝手に望遠鏡を動かし始めることはありません。PHD2 は現在の追尾範囲内部にガイド星が再び現れるかどうか、露出と監視を続けるのみです。

初めてガイドを行う際、ウィンドウ上部に、ダークライブラリや不良ピクセルマップが使用されていない旨の警告が出ることがあります。この警告を無視してガイドを続行することもできますが、今後のためにも、数分かけてダークライブラリを作成しておく、より良い結果が期待できます。

ドイツ式赤道儀を使用している場合、天体の子午線を超える際に通常、姿勢の反転をする必要があります。すなわち、望遠鏡の姿勢を **Telescope-west** から **Telescope-east** に変更し、撮影を再開します。これを行うと、赤緯の方向が逆転するので元のキャリブレーションは無効になります。マウントとの接続に **ASCOM** インターフェイス（または **Aux**）を使用している場合、キャリブレーション結果は自動的に修正されるので、単にガイドを再開するだけで大丈夫です（カメラや接眼部を回転させていない限り）。望遠鏡の向きを取得できないインターフェイスを使用している場合、キャリブレーション結果を自分で調整する必要があります。もちろん、キャリブレーションをやり直してもいいのですが、多少なりとも時間がかかります。「ツール」(Tools) メニューの下の「キャリブレーションデータの反転」(Flip calibration data) を使えば、すぐにガイドを再開することができます。

注：「キャリブレーションデータの反転」は、**ASCOM** や **Aux** マウントで接続している場合には、何の効果もありません。

再キャリブレーションを強制することもできます。例えば、ケーブルの問題を解決するためにガイドカメラを回転させた場合などです。「脳みそアイコン」から「マウント」(Mount) タブに移動し、「キャリブレーションクリア」(Clear calibration) にチェックを入れるこ

とでこれを行うことができます。あるいは、単純に **Shift** キーを押しながらガイドボタンをクリックすることで行うこともできます。

ガイドが始まったら、どのようにガイドが行われているか知りたいと思うでしょう。もちろん、ガイドカメラからの画像を確認することはできますが、細かい調整が行われているかどうかまでは見ることはできません。しかし、PHD2 は「[視覚化ツール](#)」の章で説明するように、ガイド状況を測定、表示するための様々なツールを装備しています。ガイドアルゴリズムによっては、コマンド送信 1 回あたりのガイドの最大修正量が制限されている場合があります。これらの値が小さすぎる場合、メインウィンドウ上部に警告ダイアログが出ます。問題が再発する場合、該当する値を増やすか、根本的な問題の解決を図ってください。

ダークフレームと不良ピクセルマップ

イントロダクション

ガイドに用いられるカメラは一般に温度制御を受けておらず、画像はノイジーになりがちです。結果として、ガイドフレームにはいわゆる「ホットピクセル」やカブリが「欠陥」としてしばしば現れます。これらの欠陥があまりに多いと、よいガイド星を選ぶ際に問題になります（ホットピクセルを星と勘違いしてキャリブレーションしようとするのは初心者によくありがちなトラブルです）。ガイドを始めた後でも、ガイド星のそばのホットピクセルはガイドに必要な計算を妨げ、時には本物の星とホットピクセルの間でガイドが「ジャンプ」することすらあります。これらの問題を軽減するため、PHD2では2つのアプローチをとっています。すなわち、ダークフレームと不良ピクセルマップです。これらに関するすべての機能は「ダーク」（Darks）メニューの中に収められています。

ダークフレーム

PHD2はガイドに用いる露出時間範囲に応じたダークフレームのライブラリを構築し、利用します。一度ライブラリが構築されると、ライブラリは自動的に保存され、複数のセッションで使いまわすことができます。つまり、良質なダークライブラリを構築するためにいくばくかの時間を割くことで、この先ずっとライブラリを使い続けられることになります。ダークライブラリは、カメラをつないだのち「ダーク」（Darks）メニュー下の「Dark Library...」から作成することができます。作業開始時のダイアログは以下のような構成になっています。



ダイアログ上部にある 2 つのコントロールで、必要とするダークフレームの最小露出時間、最大露出時間を設定します。最小露出時間の値、最大露出時間の値、そしてこれらの間を刻む露出時間の値は PHD2 のメインウィンドウにおける露出時間の値に対応しているので、ガイドの際にどの露出時間を選んだとしても、ライブラリを作成した範囲内において、対応するダークフレームがあることになります。3 つ目のコントロールでは、各露出時間に対していくつのダークフレームを撮影し、平均するかを設定します。平均されたイメージは「マスターダークフレーム」として参照されます。以前より、PHD では 5 つのダークフレームをこの目的のために使ってきましたが、マスターダークフレームの品質を向上させるために数を増やしてもいいでしょう。また、「ノート」(Notes) の欄にコメントを付け足すことも可能で、これは後から参照できるよう、マスターダークフレームのヘッダ部分に埋め込まれます（訳注：ノートに日本語が使えるかどうかは未確認）。

「ノート」欄の上にある 2 つのラジオボタンは、既存のダークライブラリに対してデータの修正・追加を行う (Modify/extend existing dark library) か、新規にライブラリを作成するか (Create entirely new dark library) を選択するものです。ダークライブラリの再作成を促す警告が出た場合は、新規ライブラリの作成 (Create entirely new dark library) を選択してください。これにより、全てのマスターダークイメージが現在使用しているカメラと一致することが保証されます。このほか、単にライブラリをリフレッシュすることや、特定の露出時間のダークフレームを既存のライブラリに付け足すこともできます。

パラメータをセットしたら「スタート」をクリックします。ガイドカメラにシャッターがついていない場合—ほとんどの場合はそうですが—ガイド鏡に蓋をするようプロンプトが出ます。最良の結果を得るためには、ガイドカメラに光が一切漏れないように気を付けなければなりません。日中の作業は避けた方がいいでしょう。PHD2は設定された露出時間の範囲について、指定された数のフレームを収集します。プロセスの進行具合はウィンドウ下部のステータスバーに表示されます。プロセスをスタートすると、「キャンセル」(Cancel) ボタンは「ストップ」(Stop) ボタンに変わります。何か問題が発生した場合や、全プロセスが終了する前にパラメータを変更したくなった場合、このボタンを押せばプロセスはストップします。この方法で停止した場合、それまでに収集したデータは破棄されるので、パラメータの修正などが終わったらプロセスをリスタートさせます。すべてのフレームを撮り終ると、マスターダークフレームがそれぞれ作成され、ライブラリに収納され、処理結果についてのメッセージが出ます。ガイド鏡に蓋をしていた場合、蓋を外すようプロンプトが出るので、蓋を外して通常撮影に戻ります。

一度ダークライブラリを作ると、「ダーク」(Darks) メニューの「Use Dark Library」からこれと呼び出して使用することができるようになります。メニューのチェックボックスは、クリックするたびに ON、OFF が切り替わります。チェックの状態は保存されるので、一度チェックを入れれば、次回も自動的にダークライブラリが読み込まれるようになります。ダークライブラリ自体は、新たなライブラリを作成するまでディスク上に保存されているので、「Use Dark Library」のチェックの ON、OFF を繰り返しても、データが消えることはありません。もしダークライブラリを使用する設定にしている、ライブラリ中に使用したい露出時間にマッチするダークフレームがなかった場合、PHD2は最も条件に近いものを選び出して使います。しかし最良の結果を得るためには、マッチするマスターダークフレームを取得するべきです。ダークライブラリに露出時間の「抜け」がある場合、その露出時間のマスターダークフレームを作成するだけでライブラリにデータが追加されます。「Use Dark Library」のチェックを外すと、ダークライブラリの使用によってガイドカメラの画像が著しく改善していることが分かります。

ダークライブラリは個別のカメラについて作成されるものです。PHD2はダークライブラリと現在使用しているカメラが一致しているかどうかをチェックします。一致していない場合、ダークライブラリは使用できず作り直す必要がある旨、警告メッセージが出ます。このメッセージは、既存の機器プロファイル中のカメラの部分に変更を加えた場合に出ることがあります。ガイドカメラを新調して古いものと置き換えるのでない限り、何もするべきではありません。

不良ピクセルマップ（欠陥画素マップ）

ガイドカメラによっては、ガイドフレーム中に見える欠陥ピクセルを取り除くのに、ダークフレームだけでは不十分な場合があります。このような場合、不良ピクセルマップを作成、利用することで改善できるかもしれません。このアプローチは、センサー上にある偽のシグナルを発生するホットピクセルや、光に対して正しく反応しないコールドピクセルを直接検出し、補正するものです。こうした「マップ」は比較的長時間の露出（例えば 15 秒程度）でダークを撮影し、それらを平均し、そして得られたフレームに対して統計処理を行うことで欠陥ピクセルの位置を特定します。欠陥ピクセルの位置情報は保存され、以降の補正に使われます。通常のガイドの間、これらの欠陥ピクセルは周辺ピクセルからサンプリングしたデータによって補われるので、ほとんどの不良ピクセルは除去されることとなります。最終的に得られる画像は、たいいてい滑らかでほとんど欠陥のないものになっています。もし欠陥が残っていた場合でも、PHD2 には不良ピクセルを直接クリックしてマップに加えることができる機能が備わっています。不良ピクセルマップを作成する手順は簡単なものです。

不良ピクセルマップを作成するには、「ダーク」メニュー下の「Bad Pixel Map...」をクリックします。初めてマップを作成する場合、センサーを解析してマップを作成するため、一連のダークフレームを作成するためのプロンプトが現れます。



前段で説明した、ダークフレームを作成するためのダイアログとよく似ていますが、少しだけ異なっています。分析は統計的に行われるため、比較的長い露出時間（10 秒以上）と少なくとも 10 フレームが必要です。不良ピクセルマップは長い期間にわたって使い続け

ことができ、再作成はそれほど必要になりませんから、良質なデータを得るために時間を惜しむべきではありません。

ダークフレームが得られると、PHD2 は統計処理を行い、欠陥ピクセルおよび疑わしいピクセルの位置を決定します。計算が終わると、以下のようなダイアログが現れます。

不良ピクセルマップのリファイン

☐ マスターダークフレームの再構築

☒ マスターダーク詳細表示 ☐ 欠陥ピクセル表示

全般情報

時間:	2015/09/08 15:47:16	カメラ:	Simulator
マスターダーク露出時間:	15.0	マスターダーク露出回数:	25
積極性, ホットピクセル:	75	積極性, コールドピクセル:	75
平均:	27443.75	標準偏差:	381.90
中点:	27443	中央絶対偏差:	234

結果

ホットピクセル数:	1122	コールドピクセル数:	1111
ピクセルの手動追加	0		

積極性

ホットピクセル: コールドピクセル:

リセット 作成 不良ピクセル追加

オリジナル値を再読み込み設定

「全般情報」 (General Information) セクションには、PHD2 が不良ピクセルの位置を決定するにあたっての統計処理の結果がまとめられています。通常、これらの項目は見る必要がなく、「マスターダーク詳細表示」 (Show Master Dark Details) チェックボックスのチェックを外すことで、これらを隠すことができます。「結果」 (Results) には、下にある「積極性」 (Aggressiveness) スライダーの設定に基づいてカウントされたホットピクセルとクールピクセルの数が示されています。不良ピクセルマップを初めて作成する場合、「積極性」スライダーはデフォルト値の **75** にセットされています。普段のガイドフレームに基づき、試行錯誤やこのカウントが適切であるかどうかの判断が必要になるでしょう。「積極性」スライダーを左右に動かすと、ホットピクセルやコールドピクセルのカウントが上下します。このスライダーは、疑わしいピクセルを欠陥ピクセルと判断する際の積極性をコントロールするので、これを上げるとピクセルカウントが上昇します。望まし

い設定になったら、新しい不良ピクセルマップを作成、読み込ませるために「作成」(Generate) ボタンをクリックします。

ここまでくると、結果を試したくなるでしょう。PHD2 のメインウィンドウはアクティブなままなので、結果を確認するために通常のガイド露出を行うことができます。すぐに結果を見たいければ、「ダーク」(Darks) メニュー下の「Use Bad-pixel Map」にチェックを入れます。ガイドイメージが完全に滑らかで漆黒の背景である必要はない、ということは覚えておいてください。あなたや PHD2 のガイドアルゴリズムが不良ピクセルを星と誤認しない程度に、ホットピクセルやコールドピクセルが減っていれば十分です。「積極性」を高くしすぎて過修正になってしまった場合、ガイド星の検出に支障をきたすほどに不良ピクセルの範囲が広がってしまう可能性があります。こうした場合の修正は簡単で、スライダーの設定を変更したのち、再度「作成」ボタンを押します。すると、結果が PHD2 のメインウィンドウに反映されます。

この手順でもなお、除去したいホットピクセルが残る場合があります。デフォルトの手法は統計に依存しており、幅広いカメラに適用する必要があるため、全自動で精密に処理できるものではありません。以下の手順で微調整する必要があります。

不良ピクセルマップのリファインのためのステップバイステップガイド

ピクセル単位で不良ピクセルマップを改善するには以下の手順を踏むのがおすすめです。

1. ガイド鏡に蓋をして、露出時間 5 秒でルーピングを開始します。
2. 「不良ピクセルマップのリファイン」のウィンドウを開いたら（「ダーク」→「不良ピクセルマップ」）、ウィンドウをドラッグして、メインウィンドウと両方が見えるようにします。
3. ホットピクセルが見えるようになるまで、メインウィンドウのガンマスライダーを動かします。普段の画面より明るくする必要があるかもしれません。
4. 「欠陥ピクセル表示」(Show defect pixels) にチェックを入れます。すると、すでに検出されているホットピクセルが赤で表示されます。
5. ホットピクセルの「積極性」のスライダーをゆっくり左右に動かして、ホットピクセルの大半が赤い点でおおわれるよう、そして覆われていないホットピクセルが最小になるように調節します。できたら「作成」ボタンを押します。

6. 残ったホットピクセルを手作業でピックアップし、不良ピクセルマップに追加します。

- 「欠陥ピクセル表示」のチェックを外します。
- メインウィンドウ上で、追加したいホットピクセルをクリックして選択します。
- 「不良ピクセルマップのリファイン」ウィンドウの「不良ピクセル追加」をクリックします。
- 不良ピクセルの大半が処理されるまで、必要なだけ繰り返します。
- 「不良ピクセルマップのリファイン」ウィンドウを閉じます。「作成」ボタンを再度押さないでください。手動で選択したピクセルが元に戻ってしまいます。

不良ピクセルマップを作ると「ダーク」(Darks)メニュー下の「Use Bad-pixel Map」からこれ呼び出して使用することが可能になります。チェックの状態は保存されるので、一度チェックを入れれば、次回も自動的に不良ピクセルマップが読み込まれるようになります。「Use Dark Library」と「Use Bad-pixel Map」の設定は相互に排他的です。すなわち、どちらか片方を有効にすることはできますが、両方を同時に有効にすることはできません。ダークライブラリと同様、不良ピクセルマップのデータファイルはずっと保持されるので、無効化してもデータが失われることは一切ありません。これらのデータは長期間使い続けることができますが、一方でカメラのセンサーが経年劣化することを忘れないでください。一定期間の後、あるいは普段のガイドイメージに劣化が感じられるようになった時、ダークライブラリや不良ピクセルマップを作り直したくなるかもしれません。このような場合、PHD2に基本となるダークフレームを再取得させ、不良ピクセルマップを再計算させる「マスターダークフレームの再構成」(Rebuild Master Dark Frame)にチェックを入れるのもよい方法です。結果に満足できるようになるまで、以前行ったようにマップをリファインする必要があります。ダークライブラリや不良ピクセルマップをユーザーが直接いじる必要はありませんが、これらのデータは「AppData¥Local」の論理ディレクトリに保存されています。

ダークライブラリと同様、不良ピクセルマップは個別のカメラについて作成されるものです。PHD2は不良ピクセルマップと現在使用しているカメラが一致しているかどうかをチェックします。一致していない場合、不良ピクセルマップは使用できず作り直す必要がある旨、警告メッセージが出ます。このメッセージは、既存の機器プロファイル中のカメラやビニング係数に変更を加えた場合に出ることがあります。ガイドカメラを新調して古いものと置き換えるのでない限り、何もするべきではありません。

ダークフレームや不良ピクセルマップの再利用

複数のプロファイルで同じカメラを使用している場合、そのカメラのダークライブラリや不良ピクセルマップを使いまわすことができます。これは、カメラに関連するデータファイルを、それらのファイルを持っていないプロファイルにインポートすることで実現できます。たとえば、ガイドカメラとして **Lodestar** を用いた「プロファイル 1」という名前のプロファイルがあり、ダークライブラリや不良ピクセルマップを構築済みだったとします。そして後で、マウントや焦点距離は異なるけれど、同じ個体の **Lodestar** を用いている新しいプロファイル「プロファイル 2」を作ったとします。この場合、プロファイル 2 の機器を接続したら「ダーク」(Darks) メニューの中の「プロファイルから読込」(Import from Profile) を使います。ダークライブラリや不良ピクセルマップのインポート元には「プロファイル 1」を選びます。選択肢には、センサーの大きさや画素サイズに互換性のあるカメラを用いているプロファイルしか出てきません。「OK」を押すと、ダークライブラリや不良ピクセルマップが「プロファイル 2」にコピーされます。この操作はあくまで「コピー」なので、一方のプロファイルのダークライブラリや不良ピクセルマップが更新されても、もう一方には反映されません。同期させる必要がある場合は、再びインポートの操作を行う必要があります。

視覚化ツール

PHD2 はガイド状況を確認するために多くの視覚化・表示ツールを備えています。これらはすべて「表示」 (View) プルダウンメニューからアクセスできます。種類は以下の通りです。

- Overlays
- Graphical Display
- Stats Display
- Star Profile and Target Displays
- AO Graph
- Dockable Windows

オーバーレイ表示 (Overlay)

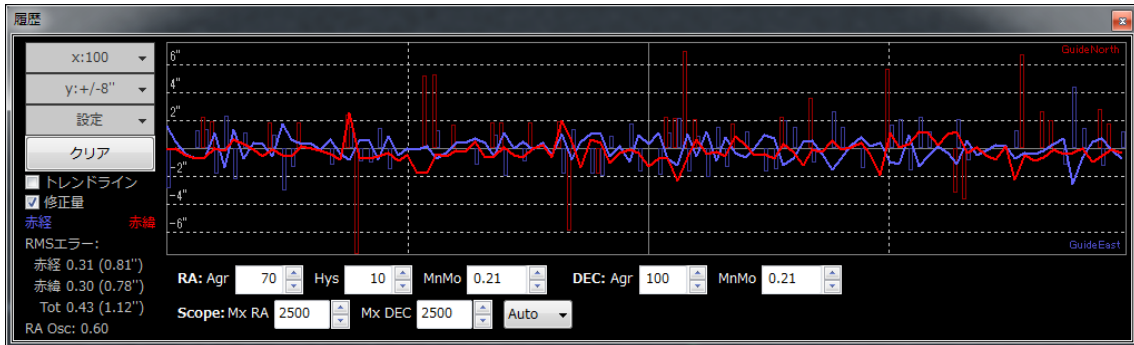
もっとも単純な表示ツールで、メインウィンドウのガイド画面の上にグリッドを重ね合わせて表示するものです。これらは非常に簡単で、以下の選択肢があります。

- 標的眼 (Bullseye target)
- 細かい格子 (Fine grid)
- 粗い格子 (Coarse grid)
- 赤経(RA) / 赤緯 (Dec) (望遠鏡の赤緯軸・赤経軸がカメラセンサーの軸に対してどう傾いているかを示す)
- Spectrograph slit/slit position (分光器のユーザー向けに、分光器のスリットをメインウィンドウにオーバーレイ表示する。スリットのサイズ、位置、角度は実物に合わせて調節する。)
- None

「表示」 (View) メニューの下の様々なオーバーレイオプションをクリックするだけで、適した表示を選ぶことができます。

グラフ表示 (Graphical Display)

グラフ表示ウィンドウは、ガイド状況を判断する最も強力なツールの 1 つです。典型的な例を以下に示します。



各露出時のガイド星の詳細な変位がウィンドウいっぱいに表示され、グラフは左から右へプロットされています。通常、線の 1 つは赤経方向の変位を、もう 1 本は赤緯方向の変位を表しています。しかし、グラフ左側の「設定」(Setting) ボタンを使うことで、カメラの X/Y 軸を基準とした表示に変更することもできます。また、表示単位を角度からピクセルに切り替えたり、グラフの線の色を変えたりすることもできます。

縦軸の範囲は上から 2 番目のボタン、例では「y:+/-4\"

このスケールはグラフウィンドウの左下に表示される統計値を計算する際のサンプルサイズにも影響します。これらの値は各軸の動作の二乗平均平方根 (RMS または標準偏差)、および両方の軸についての RMS の合計を示しています。これらは星像の大きさやシーイングの状態と直接比較できるため、ガイドのパフォーマンスを推定するのに最も有力な手掛かりとなるでしょう。「RA Osc」は現在の赤経方向の動作が直前の赤経方向の動作と反対の方向にある確率を示しています。もしガイドが積極的すぎて毎回オーバーシュートしていれば、この値は 1.0 に近づくでしょう。ガイドが完璧でオーバーシュートすることもアンダーシュートすることなく、マウントにピリオディックエラーがなければ、この値は 0.5 になります。ピリオディックエラーを考慮に入れば、理想的な値は 0.3 か 0.4 に近づくでしょう。値が非常に低い場合 (例えば 0.1)、RA aggressiveness を大きくするか、ヒステ

リシスを小さくするべきです。値がかなり高くなった場合（例えば 0.8）は、RA aggressiveness やヒステリシスを上記とは逆に調整します。

左側にある 2 つのチェックボックスは、ガイドのパフォーマンスを評価するのに役立ちます。「修正量」(Corrections) にチェックを入れると、ガイドコマンドがいつ送られたかが、方向や量とともにオーバーレイ表示されます。この例では、不規則な間隔で垂直に描画されている赤と紫の線がそれです。これはガイドがどの程度「ビジー」かを示しています—最適な条件下では、ガイドコマンドが送られていない時間が長く続くはずですが。もう 1 つの「トレンドライン」(Trendlines) と表示されたチェックボックスは、それぞれの軸について、星の位置が全体的にドリフトしているかどうかの傾向をトレンドラインとしてオーバーレイ表示します。これは主に、ドリフト法での極軸合わせ（赤緯のトレンドラインを使用する）に有用です。一方、赤経のトレンドラインを見ればマウントの追尾速度が遅いのか速いのか（または、たわみの影響を受けているか）を判断することができるので、追尾速度をカスタマイズする際に役に立ちます。外部の撮影ソフトウェアによってディザリングのコマンドが発行されている場合、グラフの上に「dithering」ラベルが一定間隔で表示されます。これはディザリング操作によってガイド星の位置が変更され、それがグラフに反映していることを示しています。

「マウント」や「Aux マウント」において ASCOM 接続を使用している場合、上の例に示すように、ガイドコマンドの方向 (GuideNorth, GuideEast) が表示されます。これは、全体的なドリフトの傾向を見て赤緯側ガイドを一方向に限定したい場合、役に立ちます。このグラフで使われる上下の表記は、カメラの向きや視野内における東西南北の動きとは関係ありません。

ガイドのパフォーマンスを見るには、ピクセルより角度の単位を使うのがお勧めです。焦点距離や画像サイズの問題とは関係ないので、機器に依存しない形でパフォーマンスを評価することができます。そのためには、ガイド画像のスケールを決定するために PHD2 に十分な情報を与えておく必要があります。すなわち、ガイド鏡の焦点距離とガイドカメラのピクセルサイズです。これらのパラメータは「脳みそ」ダイアログの「全体」(Global) および「カメラ」(Camera) タブにそれぞれセットします。これらがセットされていない場合、PHD2 はデフォルトの値として 1.0 を使用し、ガイドのパフォーマンスはピクセル単位で報告されます。

グラフウィンドウの下部にはガイドパラメータをその場で調整するためのコントロールが並んでいます。選択したガイドアルゴリズムに応じて、現れる項目は変化します。これらのコントロールは「脳みそ」ダイアログで設定した場合と同様の効果があり、これを使

えばガイドを止めたり、パラメータを調整するために他のウィンドウに移動したりする必要がなくなります。

統計情報表示 (Stats Display)

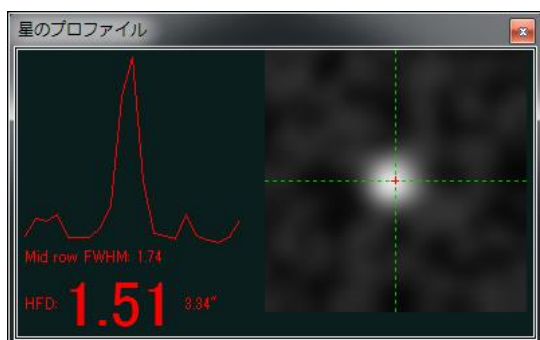


	RMS	Peak
赤経	0.25 (0.54")	0.95 (2.10")
赤緯	0.29 (0.63")	0.76 (1.68")
Total	0.38 (0.83")	

RA Osc	0.46
RA Limited	0 (0%)
Dec Limited	0 (0%)
Star lost	1
赤緯	0.0 deg
Pier Side	不明
Rotator Pos	N/A

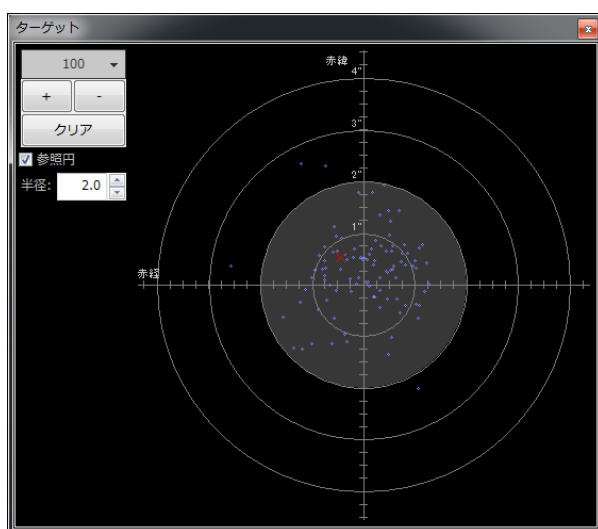
グラフ画面を開かずにガイド状況を確認したい場合、メニューから「統計情報表示」(Stats)をクリックします。すると、ガイドに関する統計データが、データをクリアするためのコントロール、統計に用いるガイド露出の点数を変更するためのコントロールとともに表示されます。このウィンドウは、カメラのビニングの確認やガイドカメラの温度の監視、ガイドカメラの視野角の迅速な計算に役立ちます。

ガイド星プロファイル表示とターゲット表示 (Star Profile and Target Displays)



ガイド星プロファイル表示 (Star Profile) ではガイド星の断面が半値全幅 (FWHM) および half-flux-diameter (HFD) の測定値とともに表示されます。HFD は、カーブフィッティングや、星像の形を仮定する必要がないことから、一般に、より安定した星像サイズの測定方法とされています。そのため、FocusMax などのオートフォーカスアプリケーションに採用されています。この値が大きく変動したり、断面が激しく乱れたりする場合、星像が微かすぎるか、露出が短すぎることを示している可能性があります。

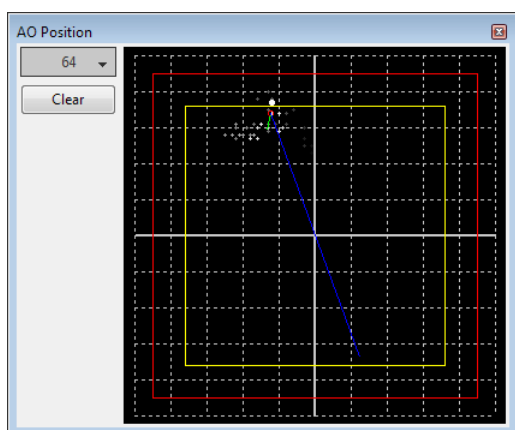
またこのツールは、特に長焦点鏡でオフアキシスガイダーを使っている場合に面倒な、ガイドカメラのピント合わせにも役に立ちます。HFD は大きなフォントで表示されるので、ガイド鏡やカメラのピント合わせを行う際、離れた場所からでも数値を確認できます。ピントが大きく外れている場合、フレーム内にはぼやけた星がいくつか写っているだけでしょう。ここから、最も小さく、はっきり見える星を選びます。露出時間は、シーイングを追いかけないように少なくとも 2 秒以上にします。同時に、星像が飽和して断面の頂点が平坦にならないよう注意します。そうしたら、HFD が小さくなるように、そして HFD の変化が反転する直前、あるいは変化がなくなるまでフォーカスを調整します。この時点で星像は飽和しているかもしれませんが、その場合はより暗い星に移ります。ピントが改善されていれば、より暗い星まで見えるはずです。これを、最も暗い星で HFD が最小の値を取るようになるまで繰り返します。ピント合わせの際には、シーイングの影響を心の中で平均できるよう、複数フレームの HFD を観察するようにしましょう。ピントのずれは初心者によくある失敗で、キャリブレーションやガイド結果に問題を引き起こします。このツールを使って、星像の断面の頂点が平坦になって (飽和して) おらず、そして上の例のようにとがった形になっていることを確認します。



Target 表示は全体的なガイドのパフォーマンスを可視化するもう 1 つの便利な方法です。赤い「X」は直近の露出におけるガイド星の変位を示し、青い点は最近の履歴を示しています。ウィンドウ左上のコントロールでズームインやズームアウト、表示させる履歴数の変更を行うことができます。

「マウント」や「Aux マウント」で ASCOM 接続を使用している場合、方位 (SkyNorth、SkyEast) が表示されます。これは、全体的なドリフトの傾向を見て赤緯側ガイドを一方向に限定したい場合、役に立ちます。このグラフで使われる上下の表記は、カメラの向きや視野内における東西南北の動きとは関係ありません。

Adaptive Optics (AO) Graph



AO graph は Target 表示と同等のものです。補償光学装置の軸に対する修正履歴が表示されます。赤い四角が AO の外周を示し、内側の黄色い四角は「bump」領域を示しています。星が黄色い四角の外に動くと、PHD2 は「move」コマンドをマウントに送り—これ

が「bump」です—速やかにガイド星を中央に戻すようにします。これが発生した場合、緑と青のラインでそれぞれ bump の増分と残りの bump を示します。白い点は現在の AO の位置を示し、緑の丸（赤いときは bump が進行中）は平均的な AO の位置を示します。左上のコントロールは表示する履歴の数を決定します。

Dockable/Moveable Graphical Windows

各種のパフォーマンスウィンドウは、メインウィンドウ内に「結合」された状態で表示されます。これは PHD2 のメインウィンドウの各辺に特定の方法でサイズ調整されて整列することを意味します。しかし、タイトルバーをクリックしたりドラッグすることでウィンドウを移動したり、サイズを変更したりすることができます。これにより、グラフに表わされている詳細をよりよく見ることができます。ウィンドウはタイトルバーをドラッグすることで底辺や右端など、任意の場所に「再結合」させることができます。これらは使いやすい場所に簡単に配置することができます。

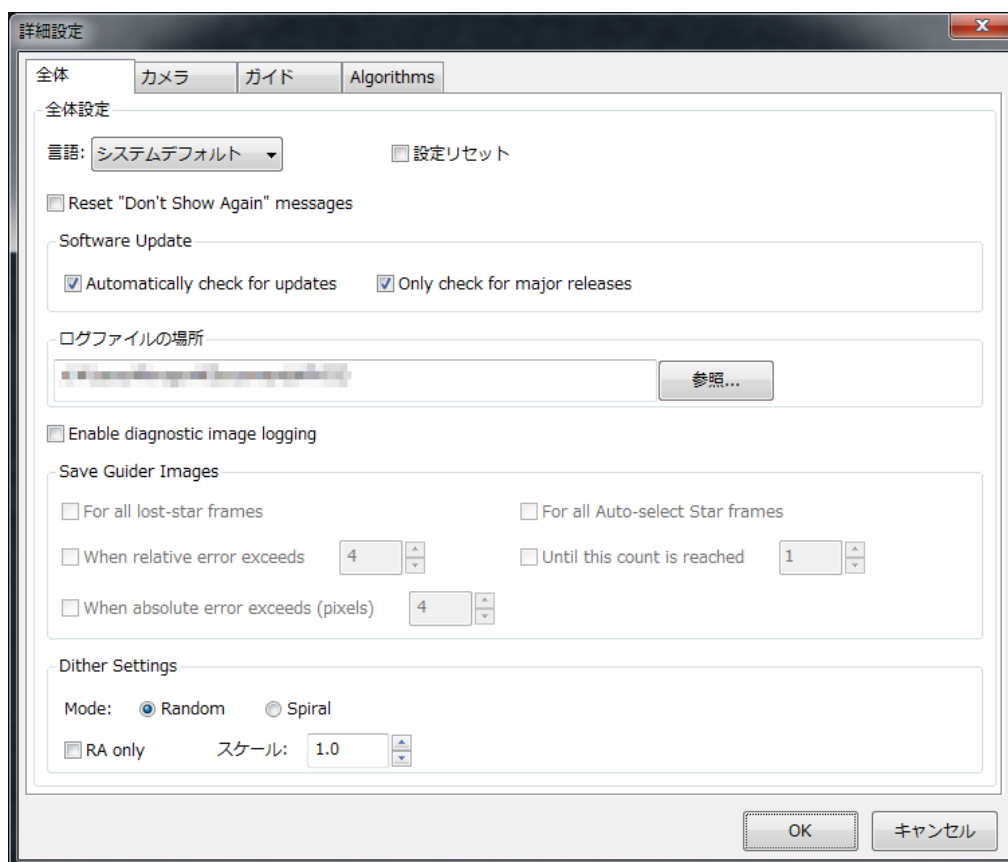
「表示」メニューの下には「ウィンドウ位置/サイズの初期化」(Restore window positions) というのがありますが、これをクリックするとすべてのウィンドウがデフォルトの状態に戻ります。これは画面解像度の変更などによってウィンドウを見失ってしまった時などに有用です。この機能は PHD2 のメインウィンドウの位置（画面左上）やサイズもデフォルトに戻します。

詳細設定

オリジナルの PHD のユーザーにはよく知られているように、詳細設定は「脳みそ」ボタンからアクセスします。ガイドのパフォーマンスを最適化できるよう、PHD2 はかなり多様なパラメータを調整できるようになっています。これらは「詳細」設定と呼ばれていますが、特に理解が難しいものではなく、これらを調べるのをためらってはいけません。各入力フィールドは、その内容をある程度詳細に説明する小さなメッセージウィンドウである「ツールチップ」を備えています。ツールチップはフィールドの上にカーソルをホバーすることで表示されます。多くの場合、これで必要な情報が得られます。設定可能な項目は多岐にわたるので、PHD2 では詳細設定ダイアログをタブで整理しています。すべてのタブは「OK」ボタンと「キャンセル」ボタンを共有しています。「OK」を押すと、どのタブに行われた変更であってもそれが反映され、「キャンセル」を押すとあらゆる変更が破棄されます。

- [「全体」 \(Global\) タブ](#)
- [「カメラ」 \(Camera\) タブ](#)
- [「ガイド」 \(Guiding\) タブ](#)
- [「アルゴリズム」 \(Algorithms\) タブ](#)
- [「Other Devices」 タブ](#)

「全体」 (Global) タブ



「全体」タブの各項目についてはツールチップに十分な記載がありますが、念のためここにまとめておきます。

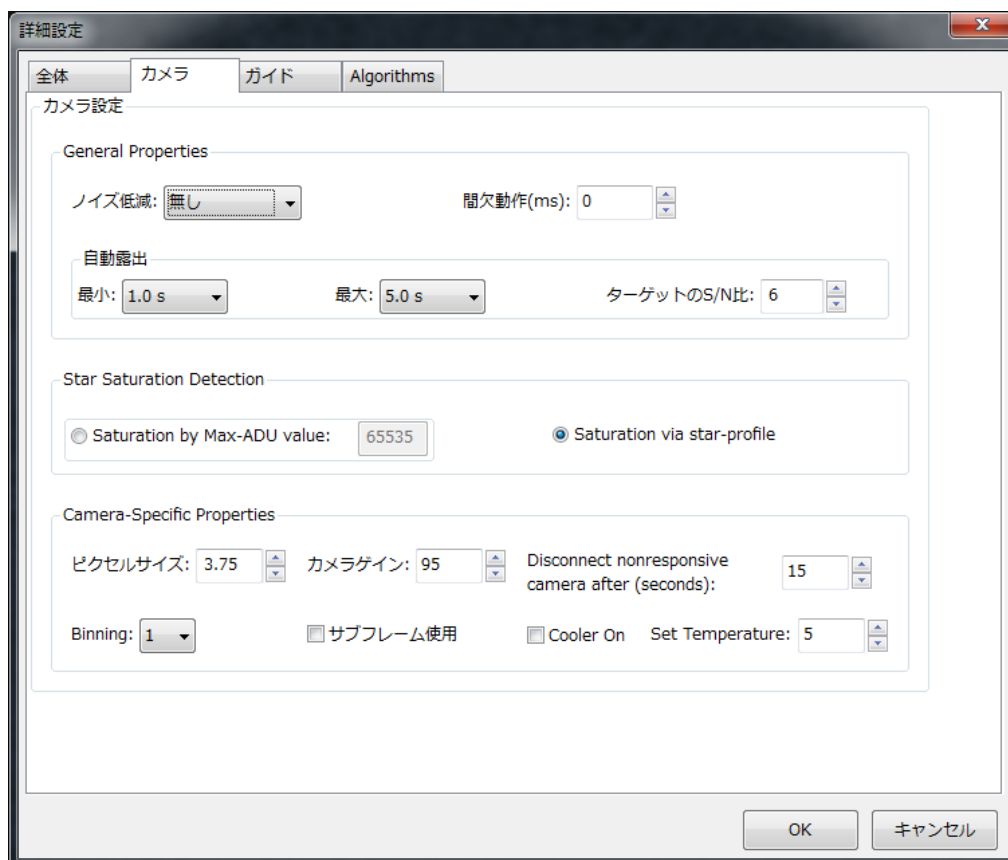
- 「言語」 (Language) : PHD2 のユーザーインターフェイスに用いる言語を設定します。変更を反映するにはプログラムの再起動が必要です。
- 「設定リセット」 (Reset Configuration) : すべてのセッティングを PHD2 の初期値に戻します。
- 「非表示にしたメッセージを再表示させる」 (Reset Don't Show Again messages) : 表示しないように選択した警告メッセージを、表示されるように再設定する。
- 「ソフトウェアアップデート」 (Software Update) :
 - “Automatically check for updates”にチェックを入れると、PHD2 起動時にアップデートがあるかどうかチェックするようになります。
 - “Only check for major releases”は、アップデートをチェックする時に開発版も対象とするかどうかを決定します。詳しくは「ソフトウェアアップデート」の項を参照してください。

- 「ログファイルの場所」 (Log File Location) : PHD2 のガイドログおよびデバッグログが保存されるディレクトリを指定します。
- 「ディザー設定」 (Dither Settings)
 - “Random mode” : ディザリングのサイズと方向を、乱数発生器を用いて決定します。”RA only”が有効になっていたり、赤緯側のガイドが無効に設定されている場合は動作が制限されます。
 - “Spiral mode” : 決められたサイズの、時計回りの螺旋を描きながらディザリングを行います。撮影に用いているカメラに顕著な固定パターンノイズがある場合や、赤緯側に大きなバックラッシュがある場合に適しています。
 - “Dither RA only” : 赤経軸側のみディザリングを行います。
 - “Dither scale” : イメージングアプリケーションで設定されたディザリングの最大量を調整するための係数を設定します。詳しくは「[ディザリング](#)」の項を参照してください。
- 「診断用画像の記録を有効化」 (Enable Star Image Logging) : PHD2 に起因する星像の認識や計測の問題の診断や製品サポートのために用います。しかし、他の目的のためにガイドフレーム画像を調べて分析するのにも使用できます。ガイドフレーム画像は、取り込みのトリガーごとにグループ分けされて FITS フォーマットで記録されます。PHD2 のログが保存されるフォルダ内に、日付と時間を含んだ名前のサブフォルダが作成されて、画像はそこに保存されます。保存された各々のガイドフレームには、キャプチャされた時刻と保存理由を示すファイル名が付けられます。ガイドフレームは FITS 形式で保存されるので、ヘッダには露出時間など他の有用な情報が含まれます。本機能は主にトラブルシューティングに利用されるものなので、画像を保存したサブフォルダは 30 日後に自動的に削除されます。削除されたくない場合は、サブフォルダの名前を変えるか、別のフォルダにコピーまたは移動してください。ガイド星を見失う、大きな追尾エラーが発生する、といったイベントによって本機能が働いた場合、イベントの発生時刻前後の画像が一連のグループとして保存されます。これにより、異常が発生する前後で、オートガイダーが捉えていたガイド星とガイドフレームがどのようなになっていたかが分かります。機能が働くタイミングなどの制御について以下に記載します。これはツールチップでも確認できます。
 - “All lost star frames” : 原因 (低 S/N 比、星像の明るさ変化など) にかかわらず、ガイド星を見失った場合に記録を行います。
 - “All auto-select star frames” : 結果にかかわらず、ガイド星の自動選択を行った時に記録を行います。なお、自動選択に失敗した場合、ここでの設定にかかわらず画像は保存されます。
 - “When relative error exceeds” : 現在のガイドフレームでの星のズレが「直近の平均エラー×係数 (隣のボックスで指定)」を超えた場合に記録を行います。例え

ば、平均エラー（RMS）が 0.5 ピクセルで、現在のフレームのエラーが 1.5 ピクセルの場合、相対エラーは 3 となります。

- “When absolute error exceeds”：現在のガイドフレームでの星のズレが隣のボックスで指定したピクセル数以上になった場合に記録を行います。
- “Until this count is reached”：カウントが隣のボックスで指定した数値に達した時に記録を行います。カウンターは、上限に達するとリセットされます。

「カメラ」 (Camera) タブ



「カメラ」タブにある項目は以下の通りです。

- 「ノイズ低減」 (Noise reduction)：ダークフレームによる処理が有効でないほどノイズの多いガイドカメラの画像を処理するアルゴリズムを決定します。選択肢は「None」(なし)、「2x2 mean」(2x2 平均値)、「3x3 median」(3x3 中央値)です。「2x2 mean」、「3x3 median」のどちらもノイズを大幅に低減させます。「3x3 median」

は特にホットピクセルに対して効果的で、ガイド精度に大きく影響します。しかし、不良ピクセルマップを使用した方が、微光星の検出に影響を与えないという点で優秀です。

- 「間欠動作」 (Time lapse) : ガイド露出間に一定時間の遅延を挿入します。これはガイド露出が非常に短時間で、マウントやカメラとのトラフィックレートが非常に大きくなりそうな場合、オーバーロードを防ぐのに役立ちます。
- 「自動露出」 (Auto Exposure) : ガイドカメラの露出に「オート」を選択した場合の露出時間を設定します。
 - 「最小」 (Min Exposure) : 露出時間の下限を設定します。ガイド星の S/N 比が目標値より高かったとしても、PHD2 はここで設定した値以下に露出時間を下げません。この値が小さすぎた場合、非常に細かく修正信号がマウントに送られることになり、よいガイド結果を得られない可能性があります。AO を用いている場合、素早く細かい修正が必要とされるので、この値を小さくするとよいでしょう。
 - 「最大」 (Max Exposure) : 露出時間の上限を設定します。ガイド星を設定する前、PHD2 は露出を最大値に設定します。ガイド星が選択されると、PHD2 は S/N 比が望ましい値になるまで徐々に露出時間を短くしていきます。
 - 「ターゲットの S/N 比」 (Target SNR) : PHD2 が適正露出を判断するための S/N 比の目標平均値を設定します。露出時間を一定にしていたとしても S/N 値はフレームごとに変動するので、目標値を設定する際には注意する必要があります。PHD2 は S/N 比が 3.0 を切った場合、そのフレームを廃棄します。デフォルト値である 6.0 は、フレーム間の変動があっても S/N 比が 3.0 に落ち込むのを防ぐのに十分です。「PHD2 の使い方」の章にあるように、ここで言う S/N 比は、測光で言うところの S/N 比とは似て非なるものです。
- 「ピクセルサイズ」 (Pixel size) : ガイドカメラのピクセルサイズを μm 単位で入力します。PHD2 が画像のスケールを計算し、ガイドパフォーマンスを角度単位でレポートするために必要な 2 つのパラメータのうちの 2 つ目です。必要なパラメータのうち 1 つはガイド鏡の焦点距離で、これは「ガイド」タブに入力欄があります。ここに入力すべき正しい値については、カメラの説明書を参照してください。カメラのピクセルが正方形でない場合、どちらか一方の辺の長さか、平均値を入力します。ピクセルサイズはガイドの正確性には影響しないので、値が多少不正確でも問題はありません。ビニングを有効にしている場合でも、ここにはビニングしていない本来のピクセルサイズを入力します。(注) カメラやカメラドライバがピクセルサイズの情報を PHD2 に受け渡せる場合、このコントロールは無効になります。その場合、ここにはデバイスから報告されたピクセルサイズが表示されます。カメラドライバ側でビニン

グ係数を指定した場合、表示されるピクセルサイズはビニング後のものとなりますが、一般的には PHD2 側でビニングを設定した方がよいでしょう（後述）。

- 「カメラゲイン」 (Camera gain) : この機能をサポートしている多くのカメラにおいて、ゲインを設定します。カメラのノイズレベルを下げたい場合や、明るい星が飽和しないようにするには、この値を下げてみてください。
- 「カメラからの応答がない場合に接続を切る時間」 (Disconnect nonresponsive camera after (seconds)) : USB 接続のエラー等により、カメラが動作しなくなることはしばしば発生します。多くの場合、カメラは映像データの要求に応答しないため、PHD2 はハングします。このパラメータは所定の露出時間経過後、PHD2 がどのくらいの時間応答を待つかを決定します。たとえば、タイムアウト時間が 5 秒、露出時間が 2 秒の場合、PHD2 は 7 秒間応答を待ちます。この間にデータを受信できなかった場合、PHD2 は制御を停止し、カメラとの接続を切り、メインウィンドウに警告メッセージを表示します。問題の裏にはハードウェアの問題があることが多いので、復旧がうまくいくとは限りません。誤検出を防ぐために、タイムアウト時間は余裕をもって設定する必要があります。また、ガイドカメラとメインの撮影用カメラとで電氣的接続を共有している場合には、メインカメラからのデータのダウンロードにかかる時間を超える、大きなタイムアウト時間を設定すべきです（訳注：メインカメラとガイドカメラとの間でデータ転送の調整が入るため）。これは Sequence Generator Pro に同梱される SBIG のドライバを使用しているユーザーに影響します。もっとも、PHD2 がこうした状況にうまく対応できるかどうかはともかく、ガイドを継続する前にハードウェアやカメラ、ドライバに起因する問題を根本的に解決しなければなりません。
- ビニング (Binning) : オンチップ (ハードウェア) ビニングをサポートしているカメラにおいて、ガイド露出を行う際のビニングを設定します。詳細は以下のディスカッションを参照してください。この項目は、カメラがオンチップビニングをサポートしていて、かつカメラが PHD2 に接続されたときのみ表示されます。
- 「サブフレーム使用」 (Use subframes) : カメラがこの機能をサポートしている場合、PHD2 は各ガイド露出においてサブフレームのみダウンロードします。これはダウンロードが低速なカメラに大変有効で、より効果的なガイドを可能にします。この機能はキャリブレーションにもガイドにも適用されます。星をまだ選択していない最初のルーピングの間はフルフレームがダウンロードされますが、一度星を選択すれば、小さいサブフレームのみがダウンロードされます。サブフレームを利用しているときに、他の星を選択するためにフルフレームの画像が必要となった場合は画像表示ウィンドウのどこかを Shift-クリックするだけです。

ビニングの使用

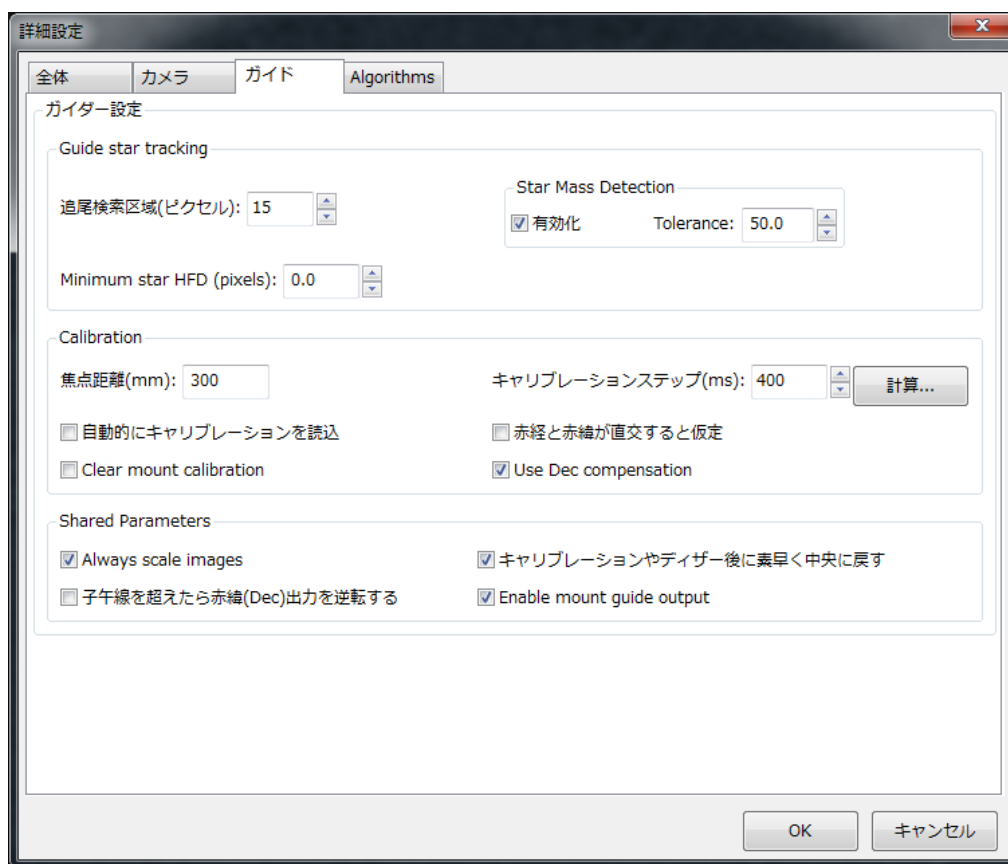
PHD2 で使用できるカメラのうちいくつかは、ハードウェアレベルでビニングをサポートしています。これは長焦点距離でのガイドを行いたい場合や、ピクセルサイズが極小のガイドカメラを用いる場合に有用です。このような場面では、かすかな星像をガイドに使わざるを得ないことがあり、ガイダー上のイメージはオーバーサンプリングになりがちです。オーバーサンプリングに利点はなく、かすかな星像が複数ピクセルにまたがることは、S/N 比の低下をもたらします。ビニングを行うと、リードノイズの影響を低減して S/N 比を向上させることができ、オーバーサンプリングが発生している場合には（星像が複数ピクセルにまたがっていることによる）ガイド星位置の不正確性を減らすことができます。1 以上のビニング係数を設定することで、以下のような効果があります。

1. 星像の S/N 比が高くなり、背景のノイズレベルから明瞭に区別できるようになります。かすかな星像（S/N 比の数字が 3 前後）からガイド星を選ばなければならないような状況下での利点です。
2. カメラからダウンロードするデータ量が「(ビニング係数の 2 乗)分の 1」になります。ビニングしなくても星の明るさや S/N 比が十分だったとしても、USB の帯域が逼迫している場合には有用です。もちろん、ガイド星を選択した後であれば、サブフレームの使用でも同様の効果を得ることはできます。
3. ガイダーの画像の解像度が低下します。ビニング前の解像度が 1 秒角/ピクセルを下回っている場合は問題にはなりませんが、上回っている場合にはガイド結果が損なわれるかもしれません。メインカメラの解像度にもよるので、実験が必要かもしれません。

各ビニングレベルに対してそれぞれダークフレームと不良ピクセルマップが必要です。これらは交換不可能で、自動的に変換することもできません。ビニングの設定を切り替える必要がありそうな場合は、それぞれの設定に対応した個別のプロファイルを作らねばなりません。ダークライブラリと不良ピクセルマップを各プロファイルにおいて作成します。ビニング係数を変更する場合は、プロファイルごと切り替えて、それぞれのダークライブラリと不良ピクセルマップを有効にします。

ビニングが正しく行われているかどうかは、「統計情報表示」でフレームサイズとビニング設定を見ることで確認することができます。

「ガイド」 (Guiding) タブ



「ガイド」タブにはキャリブレーションや追尾、全てのガイドアルゴリズムに共通のパラメータが並んでいます。

● Guide star tracking

- 「追尾検索区域」 (Search region) : 追尾検索区域の四角形の大きさをピクセル単位で指定します。マウントの性能が出ていない場合や、極軸が正しく合っていない場合、この値を大きくする必要があるかもしれません。「ガイドアシスタント」によるバックラッシュの測定時に星を見失わないよう、一時的に大きくすることもあるかもしれません。検索区域を過剰に大きく設定すると、複数の星が区域内に含まれてしまい、ガイドに問題を引き起こす可能性があることは忘れないでください。
- 「星の明るさの変化を検知」 (Star mass detection) : 背景の明るさと比較してガイド星の像の明るさと大きさの変化を監視します。
- 「星の明るさ変化の許容度」 (Star mass tolerance) : 「星の明るさの変化を検知」にチェックが入っていた場合、星像の明るさと大きさがここで設定したパー

センテージ以下になった時に「lost star」エラーを発生します。追尾検索区域の四角の中に 2 つの星があり、PHD2 がこれらを取り間違えないようにしたい場合に有用でしょう。また、薄雲や高いカメラノイズ、 α 線の衝突などによるエラーを防止するのにも役立ちます。しかし、微光星をガイドに使用している場合、かえって信頼性を下げてしまいます。星がディスプレイ上に見えているにもかかわらず「lost star」エラーが頻発する場合、この数値を上げてみてください。チェックを外すか、値を 100 にすると警告メッセージはまったく出なくなります。

- “Minimum star HFD”：ガイドに用いる星の、最小の half flux diameter（おおざっぱに言うと、星像のサイズ）を指定します。これを設定しておく、ホットピクセルを星と間違えてガイド星にしてしまうミスを防ぐことができます。ホットピクセルではないことが分かっている小さな星像を手動で選択し、「[ガイド星プロファイル表示](#)」でそれらの星の HFD 値を参照することによって、システムに適した値を決定できます。（訳注：ある星像に着目し、この像の内側に円を描きます。この円の「内側のピクセルの輝度の合計」と円の「外側のピクセルの輝度の合計」を比較したとき、両者が等しくなるような円の直径を half flux diameter といいます。HFD が小さいほど狭い領域に輝度が集中していることを示しているので、これを利用してピント合わせを行うことができます（「[ガイド星プロファイル表示とターゲット表示](#)」参照）。しかしホットピクセルの場合、高輝度が 1 ピクセルといった非常に狭い範囲に集中しているので、HFD は異常に小さな値を取ります。）

● Calibration

- 「焦点距離」（Focal length）：ガイド鏡の焦点距離（mm）。PHD2 が画像のスケールを計算し、ガイドパフォーマンスを角度単位でレポートするために必要な 2 つのパラメータのうち的一方です。もう 1 つのパラメータであるオートガイダーのピクセルサイズについては、「カメラ」タブで設定します。
- 「キャリブレーションステップ（ms）」（Calibration step-size）：キャリブレーション実行時のガイドパルス長さを指定します。使い方については「PHD2 の使い方」の「[オートキャリブレーション](#)」セクションのページを参照してください。キャリブレーション時のガイド星の動きが「速すぎる」か「遅すぎる」かによってこの値を調整してください。一般的に、天の赤道から 30 度以内の星を用い、ステップ数が各方向とも 8~14 ステップになる場合に良好なキャリブレーション結果が得られます。右側にある「計算...」ボタンは適切な値を計算するのに役立つダイアログを表示します（後述）。
- 「自動的にキャリブレーションを読み込」（Auto restore calibration）：機器が接続されたら自動的に前回のキャリブレーション結果を読み込みます。ASCOM 接

続（または INDI 接続）を使用している場合、あるいは「Aux マウント」を使用している場合、このオプションを使うと便利です。逆に、PHD2 が望遠鏡の向きの情報を取得できない場合、このオプションは普通リセットされます。新規にプロファイルウィザードを実行した場合、機器の構成によってこのセッティングは変わります。キャリブレーションの自動読込の設定はプロファイルごとに保存されることに注意してください。ガイド前に強制的にキャリブレーションを行いたい場合、キャリブレーション結果を簡単にクリアすることができます（後述）。

- 「赤経と赤緯が直交すると仮定」（Assume Dec orthogonal to RA）：通常、キャリブレーションのプロセスは赤経に対するカメラの傾き、赤緯に対するカメラの傾きをそれぞれ独立に計算します。これらの値はさして重要ではなく、たいいてはそのままでうまく動きます。しかし、マウントのピリオディックエラーが極めて大きかったり、シーイングが極度に悪かったりした場合、赤経から求めたカメラの傾きと赤緯から求めたカメラの傾きが大きく乖離し、赤経と赤緯が直交していることを明示しなくてはならない場合があります。このオプションを有効にした場合、PHD2 は赤経に対するカメラの傾きを計算した後、赤緯がこれと直交しているものとして動作します。
- 「キャリブレーションクリア」（Clear mount calibration）：現在のキャリブレーションデータを破棄し、ガイド再開時に再キャリブレーションを行います。ガイドカメラを回転させた場合やガイドスピードを変更した場合など、様々な場面でこれは使われます。メイン画面において **Shift** キーを押しながらガイドボタンをクリックすることでも、再キャリブレーションを行うことができます。
- Use Declination Compensation : ASCOM（または Aux マウント）での接続を通じて架台の向きを PHD2 が取得できる場合、現在の赤緯の値に基づいて赤経側のガイドレートを自動的に調整します。特別な場合を除き、通常、このボックスはチェックしたままにしておいてください。例えば SiTech のコントローラを用いている場合、ここにチェックが入っていると競合するのでチェックを外します。なお、'Declination backlash compensation'（赤緯バックラッシュ補正）とは全く異なるものです。混同しないように気を付けてください。

● Shared Guiding Parameters

- 「キャリブレーションやディザー後に素早く中央に戻す」（Fast re-center after calibration or dither）：キャリブレーションやディザリングの実行時、マウントは最初のロック位置（lock position）からは大きくずれています。このボックスにチェックが入っていると、PHD2 はキャリブレーションやディザーの完了時に、ガイドアルゴリズムの「最大持続時間」での設定と「追尾検索区域」の大きさに基づき、最大のガイドパルスを発してマウントを素早くロック位置に戻します。

この設定は時間短縮のためだけに存在していて、チェックを入れるかどうかは全くの任意です。マウントの位置を戻す際に、しばしば星を見失ってキャリブレーションに失敗するようであれば、チェックを外してください。問題が発生するのは、おそらく極軸の設定が大きくずれているか、赤経のピリオディックエラーが大きいことを示しています。「ガイドアシスタント」機能が問題解決の助けになるでしょう。

- 「子午線を越えたら赤緯 (Dec) 出力を逆転する」 (Reverse Dec output after meridian flip) : 子午線反転が起こったときに、キャリブレーションデータをどう調整するかを決定します。マウントによっては自らの姿勢を認識し、赤緯方向のガイドコマンドを自動的に反転させるものがありますが、そうでないマウントもあります。いずれにせよ PHD2 は、マウントがその姿勢に応じて自動的に振り舞いを変えるかどうか知る必要があります。どのように動作するかの情報を得るのが困難な場合、実際にちょっと動かしてみるのがおそらく一番簡単です。チェックボックスをオフにして、一方の姿勢でキャリブレーションを行い、次いで姿勢を入れ替えます。ASCOM や INDI を使用している場合や Aux マウント接続を使用している場合はガイドをスタートしてください。ST-4 でガイドを行っていて、PHD2 が望遠鏡の向いている方向についての情報を持っていない場合、「ツール」 (Tools) メニューの下の「キャリブレーションデータの反転」 (Flip Calibration) を選択し、ガイドをスタートします。もしガイドが正常に行われるなら、チェックボックスはオフのままにしてください。しかし赤緯方向に外れていくようなら、チェックボックスをオンにして、キャリブレーションを含めもう 1 度実験してみてください。
- 「ガイド出力を有効」 (Enable guide output) : PHD2 からマウントへのガイドコマンド送信を有効にするもので、通常はチェックされています。しかし未修整時のマウントの挙動を知りたい場合などはこれを無効にします。具体的には、マウントのピリオディックエラーを知りたいときや、極軸設定のズレによるドリフト量を知りたい場合などです。
- 「マウントが旋回したらガイド停止」 (Stop guiding when mount slews) : ASCOM インターフェイスを使用してガイドを行っている場合、PHD2 は望遠鏡が旋回していることを検出することができ、この間、ガイドコマンドの発行を停止します。

キャリブレーションステップの計算

キャリブレーションステップの計算

パラメータ入力

焦点距離, mm: 350

ピクセルサイズ, um: 3.75

Camera binning: 1

ガイドスピード, n.nn x 恒星時: 0.50

キャリブレーションステップ: 12

キャリブレーション赤緯, 度: 0

計算値

画像スケール, 秒角/px: 2.21

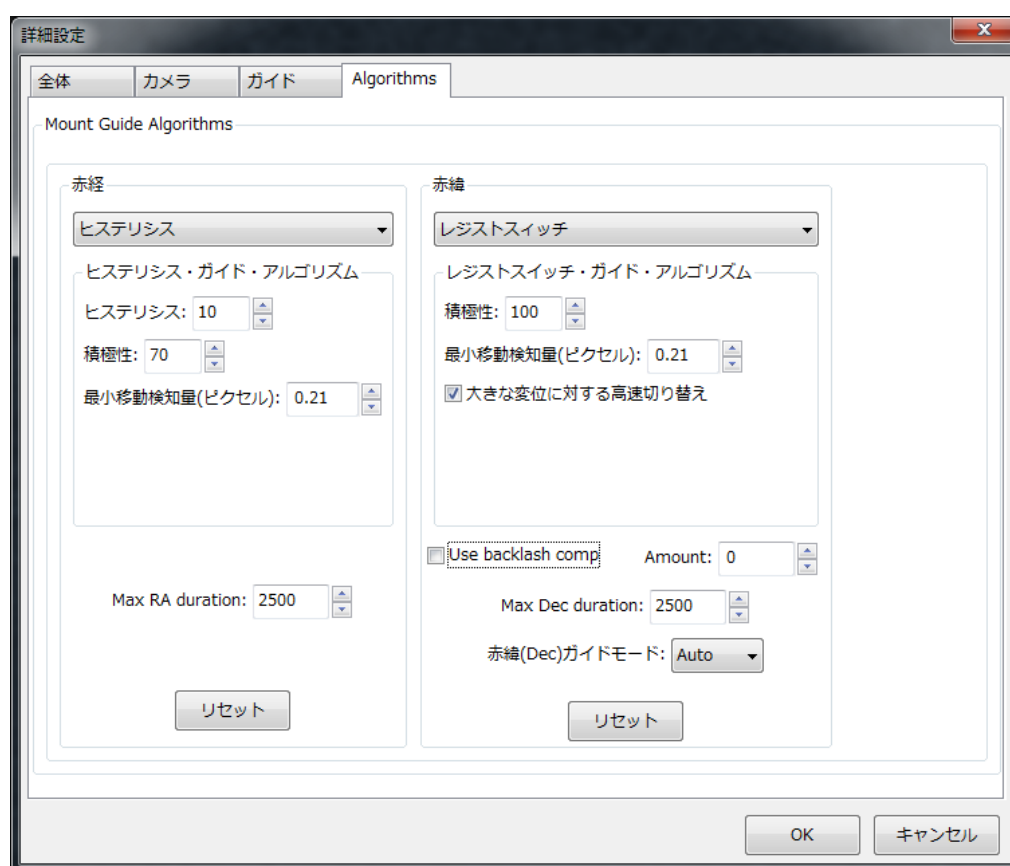
キャリブレーションステップ, ms: 650

OK キャンセル

この計算機を使用するには、一番上にある3つのフィールドに正しい値が入力されている必要があります。焦点距離とカメラのピクセルサイズが、それぞれ「全体」タブおよび「カメラ」タブで既に入力されている場合、これらのフィールドには値が設定されているはずですが、マウントと ASCOM で接続している場合、「ガイドスピード」（Guide speed）と「キャリブレーション赤緯」（Calibration declination）（訳注：キャリブレーション対象の赤緯のこと）には適切な値が入力されているはずですが、それ以外の場合は、これらの値を自分で入力する必要があります。ガイドスピードは恒星時の倍数で指定します。ほとんどのマウントでは恒星時の1×や0.5×といった値が指定されていますが、他の値を選択することもできます。「キャリブレーションステップ」はデフォルト値の12のままにしておいてください（訳注：訳語の問題で妙なことになっていますが、ここの項目では**キャリブレーション時のステップ数**を指定しています。）。大抵は良好な結果が得られるはずですが、極端に小さな値を設定すると、シーイングの影響やマウントの微細な誤差を拾ってしまい、キャリブレーションエラーが発生する原因になります。これらの値を入力すると、PHD2 は現在のイメージスケールと推奨されるキャリブレーションのステップサイズを計算します。「OK」をクリックすると、値が「ガイド」タブの「キャリブレーションステップ」（Calibration step-size）に入力されます。「OK」をクリックすると「全体」（Global）

タブおよび「カメラ」(Camera)タブにある焦点距離とカメラのピクセルサイズも更新されます。つまり、ここで変更を行うとそれは直ちに反映されます。ただし「キャンセル」を押した場合は、変更は反映されません。なお、ここの「ガイドスピード」欄にどんな数字を入れたとしても、マウントのガイドスピードのセッティング自体は変わらないことには気を付けてください。

「アルゴリズム」(Algorithms) タブ



「アルゴリズム」タブでは、使用したいガイドアルゴリズムを選択し、それらに属するパラメータを調整することができます。アルゴリズムの選択を変更すると、表示されるパラメータの種類は大幅に変化します。そのため、ガイドアルゴリズムに関連するパラメータについては、別のセクションで一緒に説明します。

ガイドアルゴリズムの選択から独立している残りのコントロールは、以下に示す通りです。

- 「最大持続時間 RA」 (Max RA Duration) : 赤経方向について、許容される最長のガイドパルス持続時間を指定します。突風やホットピクセル発生といった偽のイベントによる大きな変位の誤認識を「追尾」するのを防ぎたい場合には、デフォルト値より下げる必要があるかもしれません。
- Use backlash comp : 赤緯側のガイド方向が反転する際に、PHD2 が補正を行うかどうかを設定します。バックラッシュの測定と望ましい補正量の初期値の計算は「ガイドアシスタント」で行います。補正量は「Amount」の欄に設定します。この補正量は、オーバーシュートや振動が発生するのを避けるため、PHD2 によって引き下げられることがあります。PHD2 では過修正を検知し、調整することができるので、ここで設定されるバックラッシュ補正は、マウントのコントローラ側で設定するバックラッシュ補正の固定値よりうまく働きます。PHD2 によるバックラッシュ補正を使用する場合、マウント側のバックラッシュ補正は無効にしてください。詳細は「[ガイドアシスタント](#)」のセクションを参照してください。

バックラッシュ補正のパルスが短くなってしまうことを避けるため、「最大持続時間 Dec」 (Max Dec. Duration) は自動的に調整される場合があります。つまり、マウントに何秒ものバックラッシュがある場合、バックラッシュ補正がうまく働くと期待するべきではありません。

- 「最大持続時間 Dec」 (Max Dec. Duration) : 赤緯方向について、許容される最長のガイドパルス持続時間を指定します (上記項目の「赤経」が「赤緯」に変わっただけです)。
- 「赤緯ガイドモード」 (Dec guide mode) : 赤緯方向のガイドを行うための追加の制御を提供します。赤緯方向のガイドは、赤経方向のガイドと異なり、マウントのギアの不完全性によるエラーは発生しません。その代り、赤緯方向の変位は主に極軸設定のずれや機材のたわみによっておこります。その結果、初めの方の修正がオーバーシュートしない限り、エラーは滑らかかつ一定方向になるはずですが。デフォルト値の「auto」では、各々のガイドアルゴリズムの判断による、方向の反転は許容されます。しかし、マウントに大きなバックラッシュがある場合、反転動作を抑制した方が良い結果が得られることがあります。その場合、「north」または「south」を選ぶことによって、修正動作を一方向に限定することができます。しかし、これらのモードで修正がオーバーシュートした場合、星の位置は長時間ずれたままになることに留意してください。なので、これらのモードを使う場合は「積極性」には保守的な値を使った方がよいでしょう。なお、ここで「none」を選択すると、赤緯方向のガイドは完全に無効になります。

一方向赤緯ガイド

他の場所で議論されているように、南北両方向のガイドをサポートするにはあまりに大きすぎるバックラッシュを持つマウントが存在します。この状況は、PHD2 が一方向にしかガイドを行わないように設定することで緩和することができます。これを我々は **uni-directional Dec guiding**（一方向赤緯ガイド）と呼んでいます。赤緯方向のガイドは、極軸設定のズレや、それほど大きくはないが機械的なたわみに起因するゆっくりしたドリフトエラーを修正するのが目的なので、この設定を行うことで制御が容易になる可能性があります。皮肉なことに、ドリフトの方向を見極めやすくし、シーイングが一方向ガイドを妨げる可能性を減らすため、極軸をあえてわずかにずらしたくなるかもしれません。この理由においては、極軸のズレは通常、ガイドのパフォーマンスを低下させません。しかしその代わり、極の近くを撮影していてカメラのセンサーが大きい場合、視野が回転してしまいます。望ましい最初の一步は、一方向ガイドを設定する前に、極軸を数秒角以内の精度で合わせることです。視野の回転は、後からいつでも確認できます。撮影の可能性がある最も北側の空……おそらく赤緯 70 度前後にメインカメラを向け、サンプル画像を撮影します。視野の回転が見られなければ、極軸の設定はそのままにしておきます。極軸のズレがあれば、空の何か所かで赤緯の修正の方向が変わります（技術的には、空の 2 つの地点で方向が逆になりますが、そのうちの 1 つは通常地平線より下にあります）。逆転するポイントがどこにあるかは極軸の高度、方位が相対的にどのくらいずれているかによって決まります。もしかすると、逆転するポイントは通常の撮影では遭遇しないほど地平線に近いかもしれません。

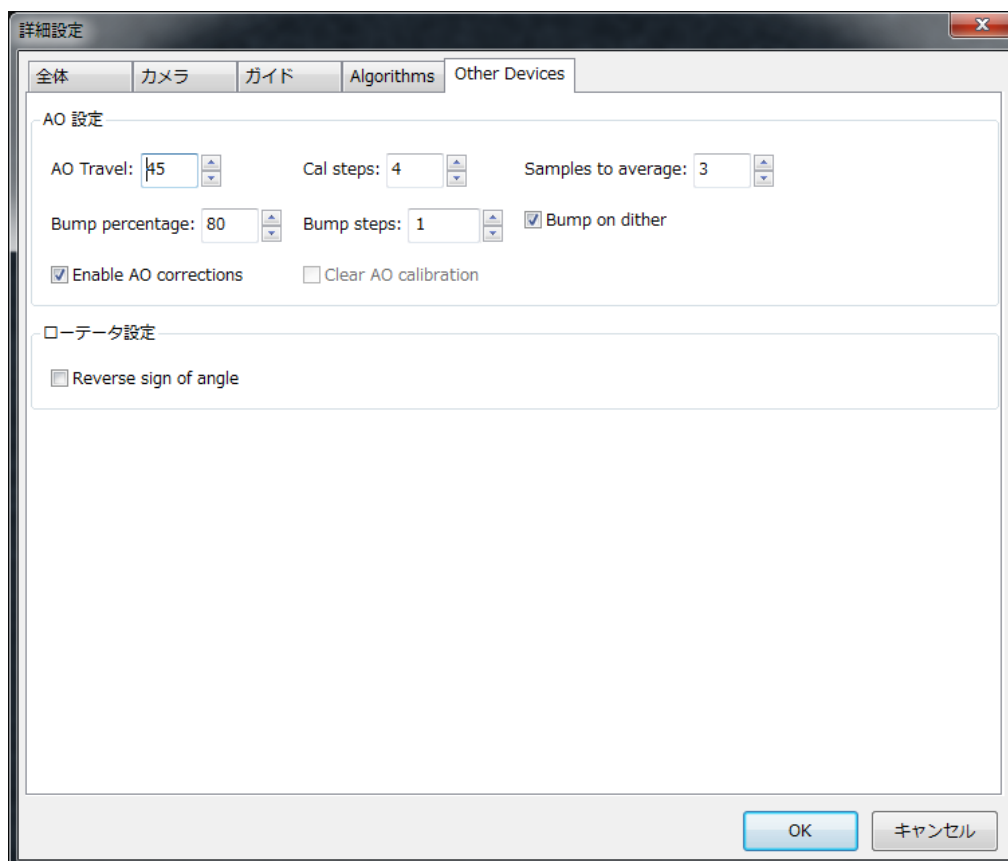
一方向ガイドのセッティングは以下の手順で行います。

1. 適切なガイド星がある方向にガイド鏡を向け、ガイドグラフウィンドウを開きます。赤緯ガイドモードを **off** にして赤緯方向のガイドを完全に切り、ガイドを開始します。北か南へガイド星がドリフトしていく傾向がはっきり見えるまで、ガイドグラフを監視します。ドリフトの方向が見えたら、正しい方向に修正信号が発行されるよう、赤緯ガイドモードをセットし直します。例えば、星が北へとずれていくようなら、ガイドモードを **south** にします。
2. 赤緯側のガイドアルゴリズムを「ローパス」 (**LowPass**) か「ローパス 2」にしてみて、積極性 (**aggressiveness**) をやや低い値、例えば **50%** にしてみます。積極性が高すぎると、修正によって星は逆方向に押しやられてしまい、ゆっくりドリフトして元の位置に戻ってくるのを待つしかなくなります。このようなオーバーシュア

トを減らすには、一気に大きな修正を行うより、小さくちょこちょこ修正した方が良いでしょう。

3. 正しい方向に修正信号が発行され、星がドリフトし続けていないことをガイドグラフで監視します。時間がたつと、ドリフト量が減少していることに気付くかもしれません。これは、修正方向が逆転する位置に少しずつ近づいていることを示しており、赤緯ガイドモードの切り替えを準備しておかなければなりません。
4. ディザリングを行っている場合は、ディザリングのパラメータを「赤経のみ」(RA-only) にして、赤緯ガイドが中断しないようにします。

「Other Devices」 タブ



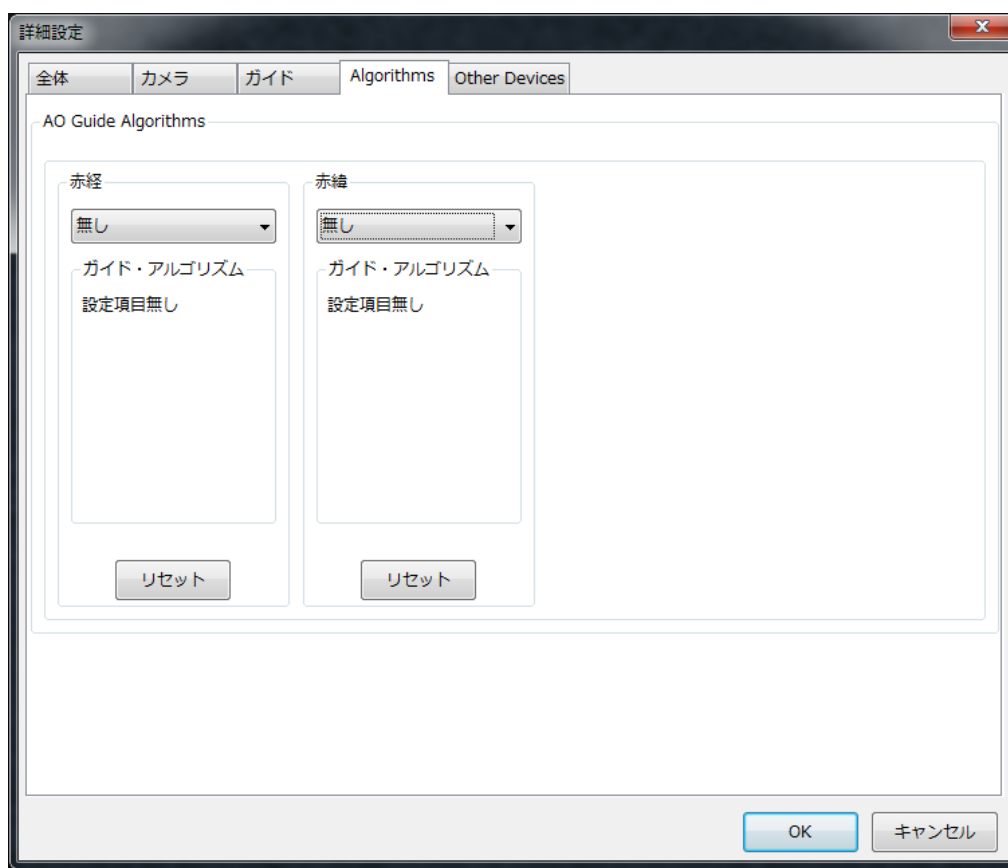
補償光学装置やローテータを用いている場合、「Other Devices」タブが現れます。

上半分はAOに関するものです。キャリブレーションプロセスや「bump」コマンドが発行された場合の動作制御は最初の4つのパラメータで行います。「キャリブレーションス

テップ」 (Cal steps) は、キャリブレーション時にチップ/ティルト素子が上下左右に動作する大きさを AO ステップ数で指定します。ガイド星の位置はキャリブレーションの各段階の最初と最後に測定されますが、「平均するサンプル」 (samples to average) パラメータはいくつの測定点を採用するかを設定します。シーイングによりガイド星は常に跳ね回るので、画像の平均化は重要です。前述したように、AO ユニットが補正できるのは、ガイド星の動きが限られた範囲内に収まっている場合のみです。実際に補正限界に到達する前にマウントの「bump」修正を開始したいと思いますが、「Bump 率」 (bump percentage) はこの目的のために使います。マウントを動かすために、完全な bump 修正は段階的に行われますが、「Bump ステップ」 (bump step) はこのときの段階の大きさを設定します。bump 動作が始まっても、ガイド星が「Bump 率」 (bump percentage) 領域の範囲外にとどまっている場合、PHD2 は星が範囲内に戻るまで bump サイズを増やし続けます。中央に戻るまでのこの追加の動きは、設定された「bump step size」に従って行われます。この複雑さは、マウントが bump 動作していても星像を長引かせることなく、良好なガイドを維持するために必要なものです。bump 動作の間も AO は補正を続けており、長時間の mount bump は AO によって相殺されます。

「Bump on dither」は、ディザリングのコマンドを受信してガイド星を AO の中心付近に戻す時、マウントが bump するようにします。AO ガイドコマンドの有効・無効を切り替えるには、「ガイド」タブの「Enable mount guiding」のチェックボックスで行います。つまり、チップ/ティルト素子へのガイドコマンドの有効・無効、マウントへの bump ガイドコマンドの有効・無効は独立に設定できます。同じ原則は「Clear AO calibration」でも言えて、マウントのキャリブレーションに影響することなく、AO のみ再キャリブレーションを強制的に行うことができます。

AO を用いている場合、「アルゴリズム」タブには AO のチップ/ティルト光学素子の制御についての選択肢のみ現れます。



AO デバイスは重量のある装置を動かすわけではないので、ガイドアルゴリズムのパラメータをより積極的なものにすることができます。デフォルトのアルゴリズムは「無し」(None) になっていますが、これは制動も履歴ベースの計算も一切考慮に入れないことを示しています。この場合、修正は直近のガイドフレームにのみ基づいて行われ、変位を 100% 修正するように動作します。他のアルゴリズムを用いる場合、おそらく 100% といった高いレベルの「積極性」(aggressiveness) から始めるべきです。これら以外の、普段「アルゴリズム」タブに表示される共通ガイドパラメータは、AO の制御には必要ないため表示されません。

ローテータについては、デバイスの動作を ASCOM における正の角度、負の角度の規格と一致させるための、1 つのパラメータしかありません。「反転」(Reversed) チェックボックスは、奇数枚のミラーを使用しているために画像が反転するシステムに対して使用します。回転の方向と大きさの情報はキャリブレーションデータを調整するのに使われ、PHD2 は「回転角は空に対して反時計回りに 0 度から数え、360 度は含めない」という ASCOM の標準に準拠します。ここにチェックを入れるべきかどうかの判断は、実際に実験してみるのが最も手っ取り早い方法です

ガイドアルゴリズム

ガイド理論

PHD2 のデフォルトのガイドアルゴリズムは十分に確立されており、ほとんどのユーザーにとって満足のいくものです。すでにガイドの経験があつて基礎を理解している場合を除き、アルゴリズムを変更することには慎重でなければなりません。しかし、変更しなければならない特殊な事情があるかもしれませんし、単に異なるアルゴリズムを試してみたい場合もあります。PHD2 の詳細設定ダイアログはそれを容易にします。いずれのアルゴリズムも、観測されたガイド星の変位をどのようにガイドコマンドに翻訳し、星を初期の位置に戻すか、を制御するパラメータセットを持っています。

これらのパラメータの詳細を説明する前に、ガイド理論をちょっと復習し、これらのアルゴリズムが何を達成しようとしているのかを見てみましょう。仕組みが全く異なる光学補償装置は別として、従来型のガイドには大きな課題があります。それは「どうやって数十～数百ポンドの重量の機械を、星像が尾を引いたり楕円形になったりしないほど高精度に動かすか」です。このタイプのガイドに望めるのは、「速くてランダム」ではなく「遅くて一定」な追尾エラーへの対処だけです。（修正可能な）遅くて一定なエラーの原因は以下のようなものです。

- 赤経ギアの機械的な不完全性—「ピリオディックエラー」の原因になるものも含む。
- 恒星時に対するマウントの回転速度の微細なズレ
- 大気差……地平線近くでは、星は「よりゆっくり動く」ように見える。
- 「撮影鏡-ガイド鏡間の相対位置のズレ」以外の機械的な歪みやたわみ
- 極軸設定のズレ

上記のリストに含まれていないのは何で、従来のガイドで修正できないのは何でしょうか？残念ながら、それは非常に長いリストになります。そのうちのいくつかを示すと

- シーイング（大気の乱れ）
- ギアノイズ、粗さ、振動
- 撮影鏡-ガイド鏡間の相対位置のズレ
- 突風、ケーブルの引っ掛かり、駆動ギアのきしみ etc. etc...

各ガイドアルゴリズムに共通するのは、他の要因を無視しても、遅くて一定のズレに何とかして対応しなければならない、という部分です。ガイド星の変位は様々な原因を内包しているので、これは非常に難しい問題です。それにたとえこれが困難でなかったとしても、現実世界のマウントは完璧ではなく、完全に望んだ通りには動かない、ということに留意する必要があります。通常、アルゴリズムに求められる最も重要なことは、過修正を避けるということです。マウントが行ったり来たりするようでは、ガイドは決して安定しません。こうしたアルゴリズムに対する典型的なアプローチは、ガイドの修正に「慣性」または「インピーダンス」を適用することです。すなわち、方向や振幅の大きな変化を必要とする修正を行うには「消極的」である一方、パターンに従い、かつ以前に行われた修正とおおむね一致した補正を行うことを意味します。方向の切り替えに対する抵抗は、ギアのバックラッシュが共通の問題となる赤道方向において特に重要です。できれば、この背景説明がガイドの基礎への十分な洞察を与え、PHD2 で用いられる様々なガイドパラメータを有効に活用できるようになってほしいと願っています。

ガイドアルゴリズムパラメータ

PHD2 において、様々なガイドアルゴリズムを赤道軸または赤道軸のそれぞれに適用することができます。これらのアルゴリズムのほとんどは「最小移動検知量」パラメータをもっています。これは、過度に小さくて星像の形に影響を与えないような、あるいはシーイングなどによる一時的に起こるような変位に対し、ガイド補正を行わないようにするものです（訳注：いわゆる「不感帯」）。これらの値はピクセル単位で入力されるので、星像がどの程度の大きさになるのか考える必要があります。デフォルト値は短～中焦点距離のシステムではうまく機能しますが、長焦点距離のシステムを利用して星像が大きくなると予想される場合は、値を大きくする必要があります。

ヒステリシス・アルゴリズムは、直近に行われていたガイド修正を「記憶」し、次のガイド修正を計算する際の参考にします。パーセンテージであらわされるヒステリシスパラメータは、現在のガイドフレーム内の星の変位に対し、履歴をどの程度考慮するか「重みづけ」を決定します。ヒステリシスパラメータが 10% である例を考えてみましょう。この場合、次のガイド修正は現在のガイドフレーム内の星の動きに 90%、直近のガイド修正に 10%、それぞれ影響を受けます。ヒステリシスパラメータを大きくすると、修正は滑らかになりますが、本来の変位に対する反応が遅くなるリスクがあります。ヒステリシス・

アルゴリズムにも、過修正を低減するための「積極性」(aggressiveness)パラメータが存在し、これもまたパーセンテージで表されます。各フレームにおいて、PHD2はマウントをどのくらいの量、どの方向に動かすべきかを計算しています。「積極性」パラメータはこの度合いを調整します。たとえば、星の変位が評価され、0.5ピクセルの修正動作が必要な場合を考えます。「積極性」が100%に設定されている場合、マウントを0.5ピクセル分動かすよう、ガイドコマンドが発行されます。しかし「積極性」が60%の場合、マウントは60%分、すなわち0.3ピクセル分しか移動しません。もし使っているマウントが常にオーバーシュートする傾向があるのなら、この値を少し下げてみます(たとえば10%刻みで)。逆にPHD2が星の動きに追従しきれていないようなら、少し上げてみます。ちょっとしたことです、これは大変効果的です。

レジストスイッチ・アルゴリズムは、その名の通り(resist = 抵抗、switch = 切り替え)の動作をします。すなわち、ヒステリシス・アルゴリズムのように過去のガイド修正の履歴を保持し続け、十分な「理由」がないと修正方向が反転しません。このアルゴリズムは、反転動作がギアのバックラッシュを誘発しやすい、赤緯方向のガイドに適しています。そのため、レジストスイッチは、正常な反転動作が期待される赤経方向ではなく、赤緯方向のデフォルトアルゴリズムになっています。

リリース2.4.1以降、レジストスイッチ・アルゴリズムを微調整するために、2つのパラメータを追加しました。1つは「積極性」(aggression)で、計算された修正量のどれだけが発行するかをパーセンテージで表します。このパラメータを小さくすると、バックラッシュがほとんどないマウントでのオーバーシュートを避けることができます。2つ目のパラメータは「Fast switch for large deflections」(大きな変位に対する高速切り替え)というラベルの付いたチェックボックスです。これがチェックされていると、PHD2は、通常のように新しい方向に3回連続してずれるのを待つのではなく、大きな方向の変化に直ちに反応します。これは風やケーブルの絡まり、その他の機械的な要因によって赤緯が乱れたとき、そこからの速やかな回復に役立ちます。「大きな変位」の定義は「最小移動検知量」の3倍です。したがって、PHD2が方向変更に過度に反応する場合は、「最小移動検知量」パラメータで動作を調整するか、「fast switch」オプションを完全に無効にします。赤緯のガイドについては「及ばざるは過ぎたるに勝れり」です。これらのパラメータを過度に調整しないでください。

ローパス・アルゴリズムも、次のガイド修正を計算するのに、直近のガイド修正履歴を用います。マウントの動作を計算する際の起点には、直近の履歴から求められたガイド星の変位の中央値を使用します。このことは、次の修正動作を計算するにあたって、現在のガイドフレーム内の星の変位が与える影響が比較的小さく、急速な変化に対して非常に反応しにくいことを示しています。しかし、履歴の蓄積は、変位が一定方向に続いているか

どうかを判断する計算も含まれます。パーセンテージで表される「勾配重み」 (slope weight parameter) は、実際のガイドの動きを計算する際、これをどの程度考慮に入れるかを設定します。これは極めて緩慢な変位に対してアルゴリズムを維持するものです。勾配重みをゼロにした場合、ガイドパルスは常に直近の履歴の中央値になります。勾配重みをゼロ以外にすると、最近のガイド星の動きの傾向に基づいて、この中央値が上下に調整されます。ローパス・アルゴリズムは急激な変化に追従しにくいので、おそらく赤緯方向のガイドに最も適しています。

ローパス 2・アルゴリズムはローパス・アルゴリズムのバリエーションで、少し異なるふるまいをします。ガイド修正の履歴を維持するのは同じですが、次の修正は前に発せられたコマンドを単純に線形に延長したものになります (すなわち勾配計算)。これは方向の急激な変動が見られた時まで続き、その時点で履歴はクリアされます。このアルゴリズムには調整可能な 2 つのパラメータがあります。「最小移動検知量」 (minimum-move) と「積極性」 (aggressiveness) です。「最小移動検知量」は他のアルゴリズムのものと同様の効果を持っており、「積極性」はガイド修正のサイズを弱めます。ローパス 2 は非常に保守的かつ高抵抗のアルゴリズムなので、良いシーイングの下、バックラッシュの少ない正確に動作するマウントを使用しているユーザーに適しています。

PHD2 プレディクティブ PEC ガイドアルゴリズム (PPEC)

概要

PPEC アルゴリズムは、そのモデリングと予測能力において、PHD2 の他のアルゴリズムとは異なります。このアルゴリズムは、マウントの追尾性能をリアルタイムで分析し、その解析が完了すると、周期的エラーが実際に見られる前にガイド補正量を計算します。積極的に補正信号を発行することで、伝統的なガイドに内在する時間遅延を削減し、パフォーマンスを大幅に向上させることができます。完全に受動的な他のアルゴリズムでは、カメラセンサー上でズレが検出された後にのみ補正信号が発行されます。

ガイドが開始されると、アルゴリズムはマウントのパフォーマンスを分析し、周期的な、すなわち予測可能な追尾エラーを探します。このアルゴリズムは、ドイツのマックス・プランク研究所の研究チームによって開発された洗練されたガウシアンプロセスモデルを採用しています。数学的な詳細についてはこちらの論文を参照してください。

<http://ieeexplore.ieee.org/document/7105398/?reload=true>

残存するピリオディックエラーや、他のギア関連の誤差がしばしば追尾精度を低下させることから、PPEC アルゴリズムは通常赤経側に使用されます。アルゴリズムは、システムの挙動を特徴付けるために別々の時間スケールを使用します。

- 短期的：ギアの粗さやシーイングに起因する高周波のエラー。
- 中期的：残存するピリオディックエラー。通常、ウォームギア 1 周分かそれ以下の周期で発生。
- 長期的：一方的なズレや、複数ギアの組み合わせによっておこる低周波のエラー。

短期的な挙動は、システム内の予測不可能なノイズを識別するために使用されます。このノイズは、予測可能なエラーを識別するために基本的に除外されます。ほとんどのマウントでは、中期的なコンポーネントが最も重要と思われます。最良の結果を得るためには、マウントにピリオディックエラーの修正をプログラムする必要があります（機能が利用可能であれば）。これにより、PHD2 で実行する必要がある作業量が削減され、マウント内の PEC 修正は通常永久保存されます。この方法は、機器を設定するたびにピリオディックエラーを測定し、推測するよりも好ましい方法です。とはいえ、マウントの PEC は決して完璧ではなく、PEC がアクティブであっても残存する周期的なエラーは頻繁に観察されます。これらは多くの場合、マウントのウォーム周期の整数倍ではない周波数で発生し、PEC のほとんどの実装では対応できません。また、マウントの機械的負荷に依存して、あるいは PEC がプログラムされた後にマウントの動作が変更されたことで、周期的なエラーが発生することがあります。PPEC アルゴリズムはウォーム周期に依存せず、マウントの現在の動作を常に最新の状態で分析しているため、これらのエラーを識別して減らす際に非常に効果的です。

また、PPEC アルゴリズムは、ドリフトエラーを検出して事前予防的に補正します。ドリフトは通常、ガイドアルゴリズムのいずれかによってうまく処理されますが、補正は常に誤差よりいくらか遅くなります。これは分光や測光、または彗星追尾などにおいて問題になることがあります。このような場合に PPEC はより良い結果をもたらすでしょう。

PPEC は学習プロセスを採用しているため、通常、マウントをモデル化して完全に効果的になるまでにおよそウォーム 2 周分の時間がかかります。この訓練期間中、アルゴリズムは「ヒステリシス」アルゴリズムのように動作するため、内部モデルの構築中に通常はパフォーマンスの低下は見られません。そしてモデルが洗練され、アルゴリズムがヒステリシスから予測モードにシームレスに移行するにつれて、追尾の安定した改善が見られるでしょう。この改善は、マウントの中期的動作が完全にモデル化される前であっても、通常見られます。

PPEC モデルは複数ギアの噛み合わせの状態に暗黙的に結びついているため、マウントが新しいターゲットに旋回された場合には再学習する必要があります。同じ理由で、異なる

るガイドセッションをまたいで学習結果を持ち越すことができないため、従来の PEC も重要です。しかし、PPEC モデルはディザリング動作中や、ピント合わせなどのためにガイドを一時停止した場合には保持されています。最も一般的な使い方、すなわち、周期的ディザリングを用いて同じターゲットを数時間にわたって撮像する場合、PPEC モデルは有効なままです。いずれにせよ、学習プロセスと、あるモードから他のモードへの移行は自動的に処理されるため、注意を払う必要はありません。

アルゴリズムの詳細

トレーニング期間が終了すると、PPEC アルゴリズムは 2 つの要素を使用してガイド補正量を計算します。1 つは直近の露出でのガイド星の変位に基づく応答的なもの、2 つ目は、トレーニング期間中に構築されたガウシアンプロセスモデルからの出力に基づいた予測的なものです。これらはそれぞれ、別個のゲインや積極性係数を含んでおり、最終的なガイドパルス量はこれらの合計になります。

ガイド補正量 = (予測量 × 予測に対するゲイン) + (直近のガイド星の変位 × 応答に対するゲイン)

「予測に対するゲイン (predictive gain)」と「応答に対するゲイン (reactive gain)」のパラメータは「詳細設定」に明示されており、これらのパラメータのデフォルト値はほとんどのマウントでうまくいくはずです。これらのパラメータの選択を誤ると確実にガイド結果が悪化するので、これらを変更することについて慎重でなければなりません。

トレーニング期間中、アルゴリズムは、観測されたガイド星の運動における周期的なエラーを特定する必要があります。最初の試行では、マウントのウォーム 1 周分の時間を “period length” の初期値として使用することができます。これはアルゴリズムに良い初期値を与えますが、“auto adjust period” オプションを選択したままにする必要があります。この設定は、周期的なエラーが見つかった場合でも、より適切に制御するために必要に応じて周期を調整するようにアルゴリズムに指示します。アルゴリズムを複数回実行して結果に満足すれば、このフィールドを前のセッションで計算された値に設定したままにすることができます。

“min move” パラメータは、アルゴリズムの応答性成分にのみ影響します。測定された星の変位がこの量よりも小さい場合、応答性成分はゼロに設定されます。しかし、アルゴリズムの予測成分は計算され適用され続けます。

ツールとユーティリティ

手動ガイド (Manual guide)



新しいマウントと接続してキャリブレーションに問題が起こった場合など、PHD2 のコマンドが正しくマウントに届いているのか、確認したい場合があります。あるいはマウントをちょっと動作させたり、マニュアルディザリングについて実験したりしてみたい場合もあるでしょう。「ツール」 (Tools) メニューの「手動ガイド」 (Manual guide) をクリックすると、マウントをガイド速度で自由に動かすためのダイアログが現れます。ボタンを押すたびに「ガイドパルス持続」 (Guide Pulse Duration) で設定された長さだけパルスが送出されます。デフォルト値は「詳細設定」 (Advanced setting) (Advanced setting) ダイアログの「キャリブレーションステップ」 (Calibration step-size) で設定した値になります。キャリブレーションの問題を解決しようとする場合、マウントが PHD2 からのコマンドを受け取っているかを確認するため、マウントに耳を傾けてください（目で見るとは）。これはマウントが PHD2 から信号に反応しているかどうかを確認するものです。マウントの動き（ガイド速度で動いています）を目で確認することはできませんが、耳でなら判別できるかもしれません。そのほかには、モーター自身を見る方法や、望遠鏡にレーザーポインターを取り付けて指し示した先が動くのを見る（動きが増幅されます）方法などがあります。補償光学装置を取り付けている場合、AO とマウントとでそれぞれ別の動作ボタンが現れます。

ディザリングは、通常、PHD2 サーバインターフェイスを介して、画像キャプチャまたは自動化アプリケーションで主に使用されます。しかし、ダイアログ下部のコントロールを使うことで、マニュアルディザリングやディザ設定の実験を行うことができます。左側にある「ディザー」 (Dither) フィールドではマウントの移動量をピクセル単位で指定します。この量に対し、右側の「スケール」 (Scale) コントロールで指定した係数をかけ

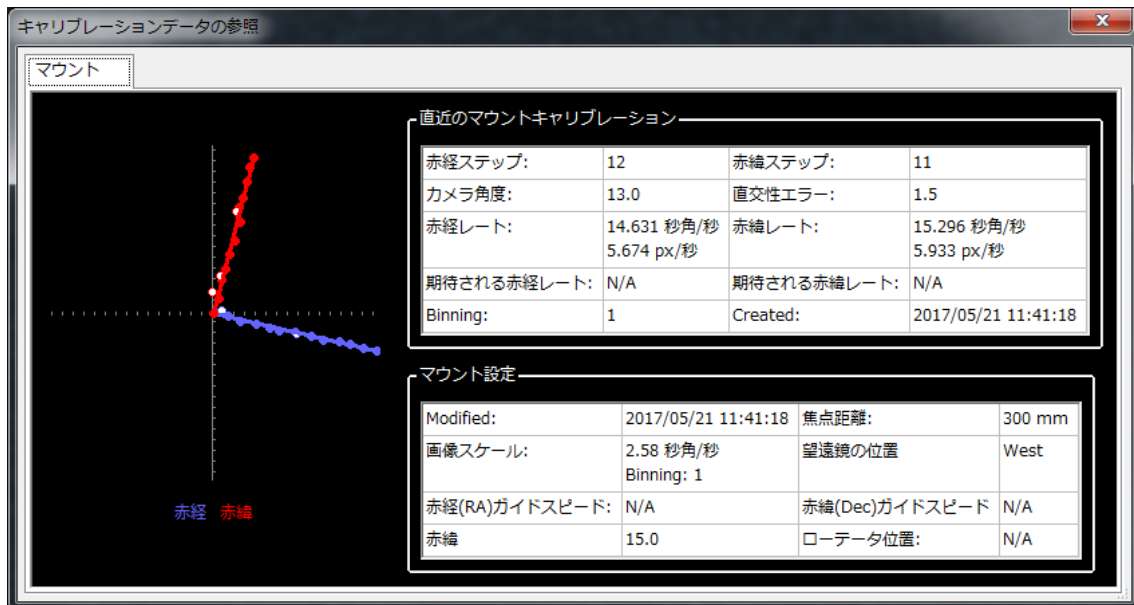
て大きくすることもできます。これら 2 つのコントロールが、ディザリングにおける最大移動量、すなわち「スケール」×「ディザ」を決定します。「ディザ」ボタンを押すと、PHD2 は移動総量が上限以下になるように、マウントを東西南北のいずれかの方向にランダムに動かします。「赤経 (RA) のみ」 (RA only) のチェックボックスがチェックされていた場合、動作は東西のみになります。もちろん、この方法でマニュアルディザリングを行っている場合は、カメラが露出中でないことを確認してください。

星の自動選択

「ツール」 (Tools) メニューの下の「ガイド星の自動選択」 (Auto-select Star) をクリック、もしくはキーボードショートカットで「Alt+S」を押すと、PHD2 は現在のガイドイメージを探索してガイドに適切な星を選び出します。PHD2 は他の星から離れていて、かつフレームの縁近くになく、そして十分に明るい星を選択しようとします。選択された星は、画面上では非常に暗く見えるかもしれませんが、ガンマスライダーの関係でそう見えるだけで、たいていの場合それは重要ではありません。自動選択は、ディスプレイ上での見かけより良い働きをします。人が目で見て選んだ星は飽和しているか、飽和ギリギリで、良くない結果をもたらします。「ガイド星プロファイル」 (Star Profile) ツールを使うと選択された星の状態を確認できます。自動選択を使用する場合は、誤ってホットピクセルが選択されないよう、不良ピクセルマップやダークライブラリを活用してください。

キャリブレーションデータの詳細

キャリブレーションの妥当性チェックを含め、キャリブレーションに関連するウィンドウの多くは以下のようなものです。



ここで最初に見るべきは左側のグラフで、ここにはキャリブレーションの際、PHD2からの指令によってガイド星がどう動いたかが記録されています。ラインはキャリブレーション結果から計算された赤経、赤緯の方向を示していて、これらはおおよそ直交しているはずですが。データポイントは完璧にライン上に乗りはしませんが、一方で、大きくカーブを描いたり、鋭く屈曲したり、方向が逆転したりしてはいけません。焦点距離の長い望遠鏡では、ポイントはしばしばラインの周囲にかなり散らばりますが、これは正常です。中が塗りつぶされたポイント（西向きおよび北向きのパルス）は、赤経、赤緯のレートを計算するのに使われ、中抜きポイントは東および南に動く「帰り道」を示しています。これらは、シーイングによってどのくらいの変位が発生したか、また、大きなバックラッシュがあるかどうかを確認するのに役立ちます。「詳細設定」で「キャリブレーションやディザー後に素早く中央に戻す」（Fast re-center after calibration or dither）にチェックを入れていた場合、「帰り道」のポイント数は少ないかもしれません。右側の表には望遠鏡の向きやガイドに関連した ASCOM の設定値が表示されます。マウントを ASCOM で制御しておらず、また Aux マウントを選択していない場合、これらは表示されません。表には空の同じ位置で「完璧な」キャリブレーションが行われた場合に期待されるガイディングレートと、実際に使用されたガイドスピードの設定も表示されます。これらの理想の値が

達成されることはまずありませんが、極端に値が外れていない限り、心配はいりません。キャリブレーション終了時に警告メッセージが出ない限り、キャリブレーション結果はおそらく十分に良好です。キャリブレーションを長期にわたって再利用したい場合、この情報をチェックしてキャリブレーション結果が良好であることを確認する価値はあります。ハイエンドのマウントを使っているベテランでもキャリブレーション不良はあり得るので、このようなケースではチェックしたほうがいいでしょう。

キャリブレーションで警告が出なかったにもかかわらず問題が発生し続ける場合には「[トラブルシューティングと解析](#)」の項で資料を確認する必要があります。

その他のキャリブレーション関連メニュー

キャリブレーションデータは、キャリブレーションが正常に終了するたびに自動的に保存されます。キャリブレーションデータの利用については、データの再読み込みや子午線通過後の反転を含め、すでに説明しました。これらの機能にアクセスするには、「ツール」(Tools) メニューの下「キャリブレーションデータの操作」(Modify Calibration) サブメニューを利用します。ここにはキャリブレーションに関連した 2 つのアイテムがあります。すなわち、現在のデータをクリアするためのオプションと、キャリブレーションデータを手動で入力するためのオプションです。「クリア」オプションは「詳細設定」(Advanced setting) ダイアログにある「キャリブレーションクリア」(Clear calibration) チェックボックスと同じもので、ガイドが再開されるときに再キャリブレーションを行わせるものです。「キャリブレーションデータの入力」(Enter calibration data) オプションは非常に特殊な状況の下、かつ自分が何を行おうとしているのかを完全に理解している場合のみ使われるもので、完全性の問題として提供されているものです。「キャリブレーションデータの入力」をクリックすると、比較的低レベルのキャリブレーションデータの入力を可能にするダイアログボックスが表示されます。ここには以前のセッションのデータ、おそらく PHD2 のガイディングログファイルから抽出したデータを入力することになるでしょう。ASCOM（または Aux マウント）で接続している場合、これらのキャリブレーションデータの操作はほとんど必要ありません。

PHD2 サーバ

PHD2 は、ガイドプロセスの制御を必要とする、サードパーティ製のイメージングアプリケーションや自動化アプリケーションをサポートします。Stark Lab の Nebulosity プログラムはその最初のものですが、他のアプリケーションも次々に作成されています。PHD2 サーバプロセスを使用することで、イメージキャプチャプログラムは露出中のディザリングを制御したり、撮像用のメインカメラから画像をダウンロードしている間、ガイドカメラの露出を一時停止したりすることが可能になります。対応アプリケーションでこれらの機能を使用するには「ツール」 (Tools) メニュー下の「**Enable Server**」をクリックしてください。サーバインターフェイスは PHD2 で実質的に再処理され、PHD2 のほとんどの機能をアプリケーションから利用できるようになります。サーバ API についての文書は [PHD2 Wiki](#) で提供されています。

ディザリング

ディザリングの一番の目的は、ホットピクセルに代表される固定的なノイズパターンを除去し、以降の画像処理を容易にすることにあります。これはほぼ純粋に、使用しているカメラの、より控えめに言えば画像処理ソフトの機能に関連した話です。温度制御された、ノイズの少ないカメラを使っている人にとって、ダークフレーム処理で除去できないホットピクセルを消す方法として、ディザリングは非常に便利な方法です。ホットピクセルの位置はセンサーの経年劣化により変化するので、ダークライブラリでは補正しきれません。これらのホットピクセルは後処理でも消せますが、数が多いと面倒なものです。ディザリングはカラム欠陥のようなセンサーの問題にも対応できますし、センサー温度がコントロールされていないためにダークライブラリが使用できないケースで特に有用です。そのため、一眼レフではディザリングがよく用いられます。PHD2 ではディザリング機能はサーバインターフェイスを介して提供されるので、これを使うには「ツール」メニューの下の「サーバを有効化」にチェックを入れます。最初に、ガイド中に使用する最大のディザサイズをイメージングアプリケーション側で決定します。アプリケーションがディザコマンドを発行すると、PHD2 は乱数発生装置を使って実際に適用するディザサイズを決定します。ディザサイズは 0 から最大許容量の間になります。ディザリングが特定のパターンを描いたり、以前と同じフレーム位置を使用したりするのを避けるため、ディザ量を疑似乱数で設定したいかもしれません。しかし PHD2 のディザリングに対応したアプ

リケーションのいくつかでは、ディザサイズの最大値は直接指定できず、大・中・小から選ぶだけで最大値が既定値で固定されていることがあります。そのため、PHD2では「詳細設定」の「全体」(Global) タブで「ディザ処理スケール」を設定できるようになっています。これはディザ量の範囲を調整するための係数です。スケールが1の場合、ディザ量は元のまま変わりませんが、10にするとディザ量は10倍になるといった具合です。最大値を直接設定できるアプリケーション(例: PHD_Dither) を用いている場合、ディザ処理スケールは1のままにしてください。言い換えれば、大・中・小でディザ量を設定するアプリケーションを使っていて、その範囲設定に満足できない場合にこの数字を調節します。

ディザリングには2つのデメリットがあります。すなわち、1) 「安定化期間」のための余分な時間とその不確実性 2) 最終的にフレームをスタックした時に、低品質の部分を除くためにクロップが必要になる点です。ここで言う「安定化期間」というのは、ディザコマンドによりマウントが動いて落ち着くまでの時間のことです。ディザコマンドを発行するイメージングアプリケーションでは、ガイドが安定して撮影を再開できるようになる時間も設定します。アプリケーションは、固定値で「安定化期間」をPHD2に設定させることもできますし、アプリケーション自身が計算することも可能です。イメージング/ディザリングアプリケーションがどのような仕様になっているかは確認する必要があります。アプリケーションが最新のPHD2 サーバインターフェイスを用いている場合、安定化期間は「直近10秒間のガイドエラーが1.5ピクセル以下になるまで」といった形で指定できます。これは、安定化にどのくらいの厳密性を求めるかによって変化します。赤緯方向のディザリングを行っていて、ディザリングが方向変化を伴っている場合、長めの時間を設定したほうが良いでしょう。ほとんどの架台は赤緯軸のバックラッシュがあるので、正しい方向に動き出すのに余分にガイドコマンドが必要で、目的の位置に到達するまで余分に時間がかかるためです。PHD2に、赤経軸のみディザリングするオプションがあるのはそのためです。この設定は「全体」(Global) タブの「ディザ処理スケール」欄の左隣にあります。

マウントの赤緯軸にかなりの大きさのバックラッシュがある場合、赤緯側のガイドの方向を北または南に限定していることがあります。PHD2がこのモードで動作しているときに赤緯方向へのディザリングコマンドを受信すると、ディザリング動作と「安定化期間」が終了するまで、南北両方向への赤緯ガイドを一時的に許可します。その後、元の一方方向赤緯ガイドモードに戻ります。この動作をしたくない場合は、ディザリングを「赤経のみ」(RA-only) (「詳細設定」→「全体」タブ) に制限する必要があります。

ロギングおよびデバッグ出力

PHD2 は必要に応じて 2 種類のログファイル、すなわちデバッグログとガイドログを生成することができます。どちらもそれぞれ違った意味で、非常に有用なものです。

ガイドログは PHD で生成されるものと似ていますが、より多くの情報を与えます。ガイドログは人や外部アプリケーションが利用しやすい形式に整えられています。たとえば、(PHD2 には含まれていませんが) PHD2 Log Viewer は、ガイドログのデータに基づいて様々なグラフや統計を生成することができます。また、解析のために Excel や他のアプリケーションに読み込ませるのも簡単です。Excel にデータをインポートする場合、カンマを区切り文字として指定するだけです。

デバッグログは PHD2 のセッション内で行われたすべてを完全に記録するので、発生した問題を特定するのに非常に便利です。人が見やすいテキスト形式で記録されているので、何が起こったかを知るためにデバッグログを解析するのは難しくありません。ソフトウェアの問題を報告する必要がある場合、ほぼ確実にデバッグログファイルを提供するように求められます。ログファイルがなければ、いかなる助けも得られないでしょう。

ログファイルの保存場所は、「詳細設定」の「全体」(Global) タブにある「ログファイル保存場所」(Log File Location) で設定します。デフォルトでは、ログファイルは OS で規定されている、ユーザーデータ保存用のディレクトリに保存されます。たとえば Windows7 の場合、ファイルは「マイドキュメント」下に作成される「PHD2」サブフォルダに保存されます。これだと不便な場合、このフィールドを編集することで任意の場所にログを保存させることができます。ログファイルの過剰な蓄積を防ぐために、PHD2 は 30 日以上経過したデバッグログ、60 日以上経過したガイドログを自動的に削除します。ログファイルを長期間保存する場合は、PHD2 で使用されていない別のフォルダに移動またはコピーする必要があります。

特殊なケースでは、デバッグや問題解決のために、ガイドカメラからの画像をキャプチャする必要があります。これは「ツール」(Tools) メニューの中の「ガイド星画像の記録を有効化」(Enable Star-image Logging) にチェックを入れることで有効にすることができます。キャプチャされた画像は他のログファイルと同じところに保存されます。これらの画像のフォーマットは、「詳細設定」の「全体」(Global) タブで設定します。障害の記録が目的の場合、最も融通の利く「Raw Fits」を選ぶべきです。

ドリフトアライメント

ドリフトアライメントは、よく知られた極軸合わせの方法で、「ゴールドスタンダード」ともいえるものです。ドリフトアライメントツールは、ドリフトアライメントのプロセスを補助し、定量的な結果を得ることができるようにするウィザード形式類似のツールです。オートガイダーのキャリブレーションが完了したら、「ツール」(Tools)メニューの下に「ドリフトアライメント」(Drift Align)をクリックしてください。最初に現れるダイアログでは、マウントの方位の調整を行います。ASCOMでマウントと接続している場合、天の赤道と子午線の交点付近にマウントを旋回させるオプションがあるでしょう。ASCOMを用いていない場合、手動でそちらの方角に望遠鏡を向けます。望遠鏡がそちらの方向を向き、視野内に適当な星を捉えたら、「ドリフト」(Drift)ボタンを押してデータ収集を開始します。グラフウィンドウには星の変位や修正の様子が表示されますが、より重要なのは2本のトレンドラインです。赤緯方向のトレンドラインが安定し、露出ごとに跳ね回らなくなるまで露出を続けます。グラフウィンドウの下部には方位方向の極軸設定のズレが表示されます。また、イメージウィンドウにはガイド星の周囲にマゼンタの円が表示されます。この円は、方位を調整した時にガイド星がどの程度動くかの上限を示しています(最初は円が大きすぎて画面上では見えないかもしれないので、ある程度方位を追い込むまで、この円は気にしないでいいでしょう)。

そうしたら、ガイドを止めるために「調整」(Adjust)ボタンを押し、マウントの向きを調整します。調整の際はガイド星の動きを見て、マゼンタの円に近づきつつも越えないよう気を付けます。方位を調整したら再び「ドリフト」(Drift)ボタンを押し、測定を繰り返します。調整が正しい方向に行われて過修正になっていなければ、赤緯のトレンドラインは水平に近づきます。これを設置精度に満足するまで繰り返します。「ノート」(notes)フィールドは、調整によってドリフトラインがどう動いたかを記録するのに使用することができます。たとえば、マウントを反時計回りに動かすとドリフトラインが上昇した、といった具合です。これらの記載はPHD2セッションをまたいで保持されるので、次回以降はより素早くセッティングすることが可能になります。

使用しているマウントでのドリフトアライメントの経験を積むまで、調整のパートは少々面倒かもしれません。最初は調整ノブを「どのくらいの量」「どちらの方向に」回せば望むような結果が得られるのか、見定めなければなりません。これを助けるために、PHD2のドリフトアラインツールは「ブックマーク」機能をサポートしています。これは調整前後のガイド星の位置を記録するもので、以下のキーボードショートカットで機能にアクセスすることができます

- **b**：ブックマークの表示/非表示
- **Shift-b**：現在のガイド星の位置をブックマークに記録する (the "lock position")
- **Ctrl-b**：ブックマークをクリアする
- **Ctrl-click somewhere on the image**：クリックした位置をブックマークに記録する、あるいは記録したブックマークを消去する

マウントの調整を行う前にブックマークを設定することで、調整によりガイドフレーム中の星がどう動くのか、わかりやすくなります。

次に「高度」 (Altitude) ボタンを押します。望遠鏡を、天の赤道付近で高度 25~30 度程度の空に向けます。極軸の高度を合わせるため、「ドリフト」 (Drift) ボタンを押してデータの収集を開始します。方位の場合と同様、ノートに調整とドリフトラインの関係を記載しながら、結果に満足するまで調整と測定を繰り返します。高度の大幅な調整を行った場合は、方位の測定と調整を繰り返す必要があります。この手順に従って作業すれば、誤差が定量的に分かった上で、高精度で極軸を合わせることができます。極軸がしっかりあっていれば、特に赤緯方向で良好なガイドパフォーマンスを得ることができるでしょう。

マウントと ASCOM で接続している場合 (含 Aux 接続)、ドリフトアライメントツールはより使いやすくなります。極軸設定後に ST-4 互換で運用する場合でも、ドリフトアライメントの間は ASCOM で接続することを勧めます。ASCOM で接続しない場合、以下の機能が使えません。

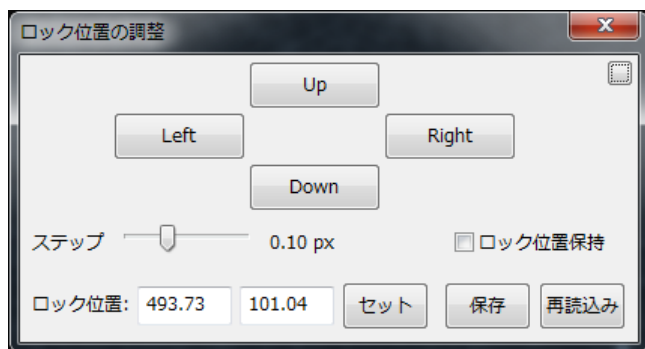
- 望遠鏡の姿勢データの取得と操作ができません。望遠鏡は自分で動かす必要があります。ただし、視野の中に適切な星があれば、目標の高度と方位はおよそで構いません。
- 調整の目安となるマゼンタの円が不正確になり、点線で表示されるようになります。点線の円は調整の上限を示すだけなので、過修正を防ぐには少しずつ調整しなくてはなりません。

ドリフトアライメントのより詳細なチュートリアルは [Openphdguiding](https://sites.google.com/site/openphdguiding/phd2-drift-alignment) のウェブサイトから参照することができます。この機能を初めて使うユーザーはぜひ目を通してください。
(<https://sites.google.com/site/openphdguiding/phd2-drift-alignment>)

ロックポジション

PHD2 は通常、キャリブレーション完了時にガイド星がいた場所を「ロック位置」(lock position) として設定します。厳密に言えば、この位置はキャリブレーション開始時に星があった位置とは一おそらく数ピクセル程度ですが一異なります。被写体を正確に中央に位置させたい場合、「ロック位置保持」(sticky lock position) を使うとよいでしょう。キャリブレーションを始める前、ガイド星をクリックしたら、「ツール」(Tools) メニューの下「ロック位置保持」(Sticky Lock Position) をクリックします。キャリブレーションが完了すると、PHD2 はガイド星が「ロック位置保持」で設定した位置に来るよう、マウントを動かします。「ロック位置保持」はガイドを中断・再開しても有効です。これは、PHD2 がマウントの位置を変更するのにかける時間を使ってでも、ガイド星の（ひいては被写体の）厳密なポジショニングを確実にするものです。

ガイドが開始された後、カメラセンサー上のガイド星の位置を微調整する必要がある場合は、「ツール」(Tools) メニューの「ロック位置の調整」(Adjust Lock Position) 機能を使用できます。



ガイド星を少しずつ（ガイド速度で）微調整したり、新しいロック位置を入力して「セット」(Set) をクリックすることで、より大きな量を移動したりすることができます。上/下/左/右ボタンをクリックすると、「ステップ」(Step) に示されている量だけロック位置が対応する方向に移動し、修正されたロック位置が表示されます。新しいロック位置を入力する際、新しい位置が現在の探索領域の外にある場合、ガイド星を見失う危険があります。このツールは、例えば分光法など、ガイド星やイメージングターゲットのいずれかを正確に配置する必要がある場合に便利です。

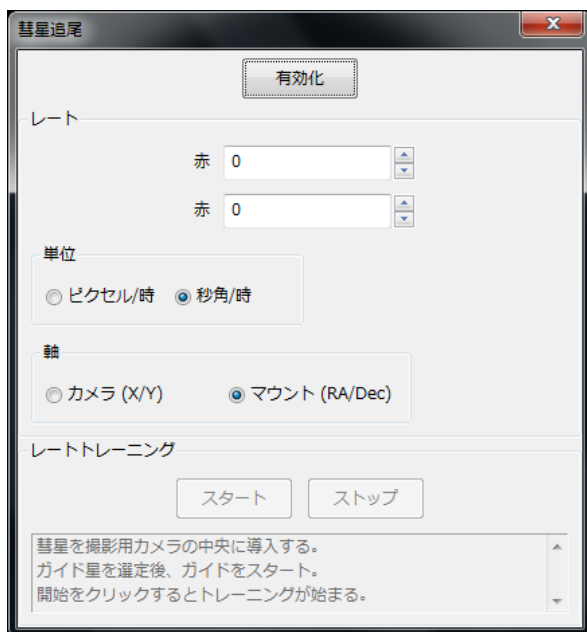
彗星追尾 (Comet Tracking)

彗星を撮影する方法の1つは、PHD2において彗星自身をガイド星として使うやり方ですが、いつでもうまくいくとは限りません。たとえば彗星核への集光が弱い場合などがそうですし、オフアキシスガイダーを使っている場合は彗星がガイドカメラから見えないかもしれません。

PHD2は彗星自身でのガイドが困難な場合に使える「彗星追尾」(Comet Tracking)ツールを備えています。考え方としては、ガイド自体は星を基準に行うものの、彗星の動きに合わせてロック位置を徐々に変化させるというものです。

PHD2に彗星の追尾速度を入力するには3つの方法があります。

- Cartes du Ciel などのプラネタリウムソフトから、移動速度を直接 PHD2 に送る。
- 追尾速度を直接手動で入力する。
- 撮影用カメラで彗星を追跡し、PHD2 に移動速度を学習させる。



(訳注：表示できる文字数の関係で、「レート」の所で項目の表示が「赤」「赤」となっているが、上が「赤経」(RA)、下が「赤緯」(Dec))

追尾速度を直接入力する場合、単位 (unit) として「秒 (角度) / 時」 (Arcsec/hr)、軸 (axes) として「マウント (RA/Dec)」を選択し、彗星の軌道要素を基にレートを入力します (訳注: いわゆる「メトカーフガイド」に相当)。

彗星の追尾速度の学習 (レートトレーニング) を使う場合は、以下のように行います。

始めに、彗星を撮影用カメラの中心に導入します。撮影用ソフトに何らかのレチクルを表示する機能があれば、イメージセンサー上の彗星の正確な位置を記録することができます。準備ができたなら、PHD2 でガイド星を選択し、ガイドを開始します。次に彗星追尾ツールの「スタート」ボタンをクリックします。

撮影用ソフトの **Frame & Focus** 機能を用いて連続撮影を行ってください (訳注: いわゆるライブビューのこと)。時間がたつとともに、彗星は最初の位置からずれてくるので、PHD2 の「ロック位置の調整」 (Adjust Lock Position) 機能を用いて彗星を最初の位置に戻します。Up/Down/Left/Right の操作に応じて彗星がイメージセンサー上でどちらの方向に動くかは、少し試してみる必要があります。「ロック位置の調整」ウィンドウの「常に最上部に表示」 (Always on top) ボタンを使うと、「ロック位置の調整」ウィンドウが常に最前面に表示され、撮影用ソフトのウィンドウなどに隠れることがなくなるので便利です。

彗星を中心に戻すと、PHD2 は即座に彗星の追尾速度を学習します。PHD2 の彗星追尾に満足したら、ストップをクリックして学習を終了することができます。PHD2 は、彗星追尾のオン・オフが切り替えられるまで、ロック位置をずらして彗星を追尾し続けます。

彗星追尾の練習は、搭載されているカメラのシミュレータを用いて行うことができます。「Cam Dialog」の「彗星」オプションにチェックを入れると、シミュレータは彗星を表示します。ブックマークを用いて彗星の初期位置をマークし、「ロック位置の調整」を用いて彗星をブックマーク位置に戻してやります。

ガイドアシスタント

「ガイドアシスタント」は、現在のシーイングの状態やマウント、ガイドシステムの振る舞いを計測する助けとなるツールです。起動すると、一時的にガイド出力が切られ、続いてガイド星の動きが測定されます。これはシーイングによる高頻度な星の動きを観察するのに役立ちます。これらの動きは周期が極めて短いため、通常のガイドでは修正できません。無理に修正しようとする、かえって悪い結果となります。この高頻度の動きを無視したうえでの最低限の動きを設定することで、最良の結果を得ることができます。「ガイドアシスタント」はそのほかにも赤経方向・赤緯方向のズレの速度や、赤経方向の追尾速度の変動を表示することもできます。これらを測定することは追尾性能の低さを改善することにつながるでしょう—たとえば、赤緯方向のズレの速度が大きければ、極軸合わせを改善するなど。オプションを選択すれば、「ガイドアシスタント」で赤緯方向のバックラッシュを測定することもできます。

「ガイドアシスタント」を最初に起動すると、以下のようなダイアログボックスが開きます。

ダイアログの上部には、ウィザードのように使い方が表示されます。「ガイドアシスタント」の測定を開始するには、まず通常のようにガイドを開始します。これにより、測定対象の星の決定とデータ収集の準備が整います。そして「ガイドアシスタント」の「スタ

ート」ボタンをクリックすると、測定が始まります。すると、ガイドコマンドが無効化されるので、星はディスプレイの中を移動し始めます（これは正常な動作です）。オートガイダーからのイメージを取得すると統計量が計算され、リアルタイムでそれらが表示、更新されていきます。特に注意を払うべきは、計測中の結果の平均が表示される「高頻度な星の動き」（High-frequency Star Motion）のところの表です。データ収集から1分もするとこれらの数値は落ち着いてきて、シーイングによる高頻度な星の動きがどの程度かについての信頼できる結果を得ることができます。また、極軸設定のズレについても信頼できる結果を得ることができます（計測時間がさらに長ければより正確になりますが）。極軸設定のズレや、赤経軸のピリオディックエラーを正確に測定したい場合、ガイドアシスタントを10分ほど動かします。「ストップ」ボタンを押すと測定は終了します。もし「赤緯軸バックラッシュの測定」（Measure Declination Backlash）にチェックを入れていた場合はそのプロセスが始まります（後述）。そうでない場合、ガイドコマンドは再び有効になり、データ収集プロセスは終了します。ズレの速度をはじめとした他の計算結果は、下の方の表に表示されています。これらの値は秒角とピクセルの両方の単位で表示されます。ダイアログはこのようになっているはずです。

ガイドアシスタント

ガイドは中断されています。推奨値を参考に必要な変更を加えてください。[スタート]を押すと再測定を行い、ウィンドウを閉じるとガイドを再開します。

測定状況

開始時間	2017-05-21 11:44:5	露出時間	2秒
S/N比	33.8	星の明るさ	201962.5
経過時間	60秒	サンプル数	30

高頻度な星の動き

赤経, RMS	0.10 px (0.25 秒角)
赤緯, RMS	0.12 px (0.32 秒角)
トータル, RMS	0.16 px (0.40 秒角)

その他の星の動き

赤経, Peak	0.82 px (2.13 秒角)
赤緯, Peak	1.23 px (3.16 秒角)
赤経, Peak-Peak	2.02 px (5.21 秒角)
ドリフトレート (赤経)	1.94 px/分 (4.99 秒角/分)
最大ドリフトレート (赤経)	0.10 px/秒 (0.25 秒角/秒)
Drift-limiting exposure	1.3 秒
ドリフトレート (赤緯)	2.44 px/分 (6.30 秒角/分)
Declination Backlash	
極軸設定エラー	24.9 分角

推奨

Try to keep your exposure times in the range of 1.5s to 3.5s

Polar alignment error > 10 arc-min; try using the Drift Align tool to improve alignment.

赤経の最小移動検知量を0.20にしてみてください。

赤緯の最小移動検知量を0.25にしてみてください。

☐ Measure Declination Backlash

ウィンドウ右側の「推奨」（Recommendation）には測定結果を反映させたものがまとめられています。使用しているガイドアルゴリズムが最小移動検知量の設定を持っているなら、これらの値に基づいてパラメータを設定することができます。また、再測定するこ

ともできますし、そのまま普段のガイドに戻るため、無視してウィンドウを閉じることもできます。

赤緯軸バックラッシュの測定

「赤緯軸バックラッシュの測定」 (Measure Declination Backlash) のボックスにチェックを入れている場合、「高頻度な星の動き」の測定が終わったのち、測定プロセスが直ちにはじまります。言い換えれば、「ストップ」ボタンを押して「高頻度な星の動き」の測定を終了させると、赤緯軸バックラッシュの測定が始まります。「スタート」「ストップ」ボタンの上には、以下のように新しいメッセージが現れます。

ガイドアシスタント

Measuring backlash...

測定状況			
開始時間	2017-05-21 11:48:3	露出時間	2秒
S/N比	34.0	星の明るさ	205904.0
経過時間	126秒	サンプル数	59

高頻度な星の動き	
赤経, RMS	0.09 px (0.24 秒角)
赤緯, RMS	0.10 px (0.25 秒角)
トータル, RMS	0.13 px (0.34 秒角)

その他の星の動き	
赤経, Peak	0.72 px (1.85 秒角)
赤緯, Peak	0.95 px (2.45 秒角)
赤経, Peak-Peak	2.27 px (5.86 秒角)
ドリフトレート (赤経)	0.32 px/分 (0.82 秒角/分)
最大ドリフトレート (赤経)	0.07 px/秒 (0.19 秒角/秒)
Drift-limiting exposure	1.6 秒
ドリフトレート (赤緯)	2.12 px/分 (5.46 秒角/分)
Declination Backlash	
極軸設定エラー	21.5 分角

Measuring backlash: Moving North for 500 ms, step 5 / 16

☒ Measure Declination Backlash

スタート ストップ

バックラッシュの測定のため、PHD2 は北方向に大きく星を動かし、次いで南に戻っていきます。ガイド星が視野の北端に近い位置にある場合、星を見失う危険性があります。ガイド星は、北側に十分な余裕がある位置に存在するものを選ぶべきです。もし、星が追尾検索区域から飛び出すことで、PHD2 が星を見失ってしまう場合、詳細設定の「ガイド」 (Guiding) タブで、一時的に追尾検索区域の大きさを広げます。20 ピクセルという検索区域の大きさは、複数の星が区域内に入らないという点で、ほとんどの場合で正しく働くはずですが。バックラッシュ測定の初期フェーズは、北方向に存在するバックラッシュを解

消するためのものです。ガイドアシスタントは、ガイド星がはっきりと動き始めるまでの動作を続けます。ガイド星が動き始めると、ガイドアシスタントは星を北方向に大きく動かすための一連のコマンドを発行します。設定にもよりますが、これには少なくとも 16 秒以上要し、その過程は表示されます。北への移動が完了すると、ガイドアシスタントは南方向へ同数のコマンドを発行します。マウントに明確なバックラッシュがあれば、星が南に動き出すには余分な時間がかかりますが、通常、うまく制御されます。南方向へのステップが完了すると、実際に星が動いた移動距離にかかわらず、バックラッシュ量が計算されます。しかし、もし星が南方向へ全く動かなかった場合、計算されるバックラッシュ量は小さすぎます。この場合、バックラッシュ量は 8 秒以上あることになりますが、これは大変大きな値です。その後、ガイドアシスタントは星を初期位置に戻し、ガイドが再開されます。ここでも星を見失う危険性がありますが、計算結果には影響しません。星を見失った場合は単にガイドを中断し、普段と同じように再開すればいいだけです。「高頻度な星の動き」の測定とは異なり、バックラッシュの測定では「ストップ」ボタンを押す必要はありません。測定プロセスは一連のステップが完了すれば終了し、通常のガイドが再開されます。しかし、例えば星を見失うなど、何かまずいことが起これば「ストップ」ボタンを押して中断し、準備が整ったら再開させてください。バックラッシュの測定が終わると、先に示した「高頻度な星の動き」の測定結果に項目がつけ加わる形で、赤緯軸のバックラッシュ量がピクセルおよび時間 (ms) の単位で表示されます。

ガイドアシスタント

ガイドは中断されています。推奨値を参考に必要な変更を加えてください。[スタート]を押すと再測定を行い、ウィンドウを開くとガイドを再開します。

測定状況

開始時間	2017-05-21 11:48:3	露出時間	2秒
S/N比	34.0	星の明るさ	205904.0
経過時間	126秒	サンプル数	59

高頻度な星の動き

赤経, RMS	0.09 px (0.24 秒角)
赤緯, RMS	0.10 px (0.25 秒角)
トータル, RMS	0.13 px (0.34 秒角)

その他の星の動き

赤経, Peak	0.72 px (1.85 秒角)
赤緯, Peak	0.95 px (2.45 秒角)
赤経, Peak-Peak	2.27 px (5.86 秒角)
ドリフトレート (赤経)	0.32 px/分 (0.82 秒角/分)
最大ドリフトレート (赤経)	0.07 px/秒 (0.19 秒角/秒)
Drift-limiting exposure	1.6 秒
ドリフトレート (赤緯)	2.12 px/分 (5.46 秒角/分)
Declination Backlash	4.4 px (736 ms)
極軸設定エラー	21.5 分角

推奨

Try to keep your exposure times in the range of 1.5s to 3.5s

Polar alignment error > 10 arc-min; try using the Drift Align tool to improve alignment.

赤経の最小移動検知量を0.16にしてみてください。

赤緯の最小移動検知量を0.20にしてみてください。

Try setting a Dec backlash value of 736 ms

適用

適用

適用

Show Backlash Graph

ヘルプ

☒ Measure Declination Backlash

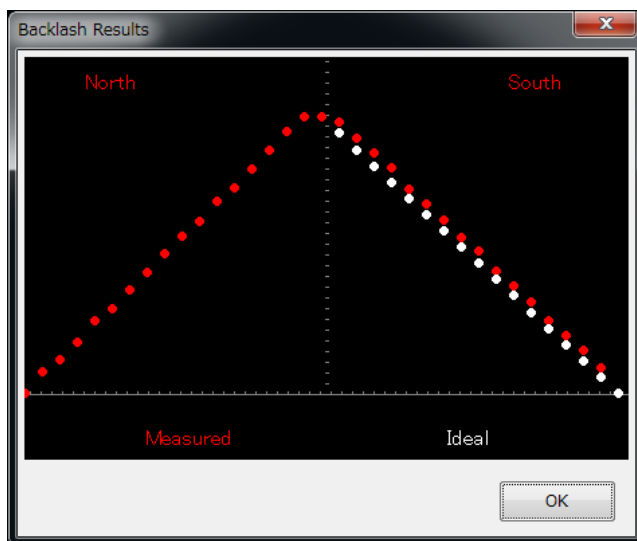
スタート

ストップ

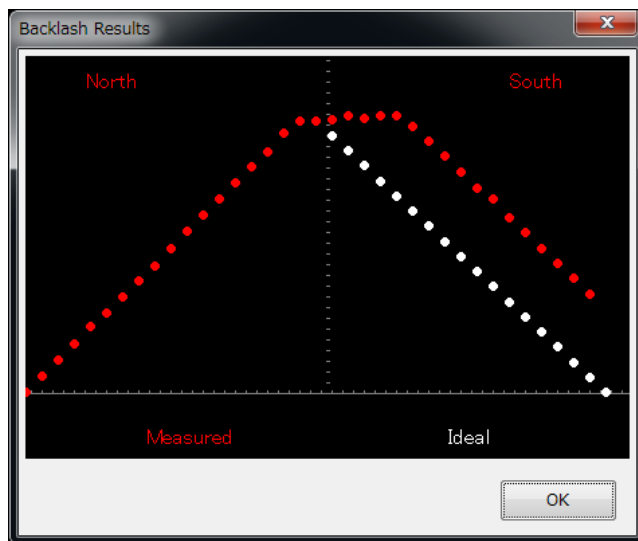
78

バックラッシュの量に基づき、推奨されるバックラッシュ補正量が表示されます（上の例では 736 ms となっています）。もしバックラッシュ量が 100ms 未満の場合、値が小さすぎて正しく補正できる保証がないため、推奨メッセージは表示されません。バックラッシュが非常に大きく、3 秒以上あるような場合、赤緯について一方向だけのガイドを行うよう、異なる推奨メッセージが出ます。このように大きな補正值はうまく動作しないことが多く、また両方向のガイドを行ったとしても、素早い反転動作がおそらく不可能と思われるためです。これにより、マウントがどのような動作をするかについて、実験に基づいた確かな結論を得ることができます。これらの測定を行う際には、他のいかなるバックラッシュ補正機能も無効にしておいてください。無効にされていないと、測定結果が不正確なものになります。

マウントの動きをよりよく理解するため、バックラッシュ測定の結果をグラフィカルに表示することもできます。「Show Graph」ボタンを押すと、以下のようなグラフが表示されます。



赤い点は測定された赤緯の位置を示し、左から右へと、北への動きで始まり、反転して南に動いているのを表しています。白い点は、バックラッシュがゼロの場合の、理想的な反転動作を示します。この例では、赤い点が頂点付近でフラットになっていて、若干のバックラッシュがあるのが分かります。しかしバックラッシュが大きい場合、頂点付近のフラットさは、以下の例のようにより顕著です。



バックラッシュ補正

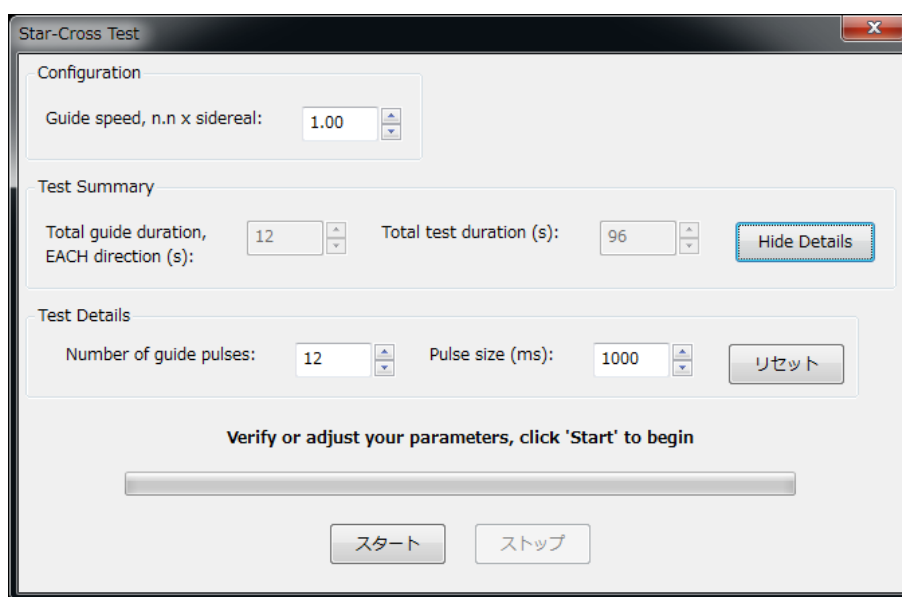
赤緯軸のバックラッシュがそれなりにあるマウントでのパフォーマンスを改善するため、PHD2 は v2.5 以降でバックラッシュ補正機能をサポートしています。このバックラッシュ補正機能は、都度適切な補正ができるという点で、一部のマウントのファームウェアに備わっている補正機能とは異なっています。バックラッシュ補正の最大のリスクは、補正量が大きすぎる場合に赤緯軸周りで不安定な振動を生じてしまう可能性です。PHD2 は挙動を監視し、振動が収まるまで補正量を速やかかつ自動的に引き下げます。バックラッシュ補正は、赤緯ガイドの方向が反転するときのみ適用されるものです。ガイドアシスタントに従ってパラメータを初めて決定する場合、値の調整に多少の時間が必要です。まずは普通にガイドを行い、赤緯側のオーバーシュートの様子を観察してください。ガイドグラフにおいて、「修正量」の表示にチェックを入れれば多少分かりやすくなります。赤緯側で振動や不安定性が見られる場合、PHD2 が挙動を安定させることができるかどうか、しばらくガイドを走らせ続けてください。

バックラッシュ補正の設定は詳細設定の「アルゴリズム」 (Algorithms) タブで行います。ここの値は PHD2 自身によって、ガイドアシスタントで計算された推奨値より小さくなっているかもしれません。この数字は、実験を行ってみたい場合、直接変更することができ、またチェックボックスのチェックを外すことでバックラッシュ補正を無効にすることもできます。

ガイドアシスタントでバックラッシュを何度か測定し、値の傾向がつかめたら、毎回ガイドアシスタントで測定する必要はないでしょう。この場合、ガイドアシスタントの「Measure Declination Backlash」のチェックを外すだけです。

スタークロスツール

スタークロスツールは、「[トラブルシューティング](#)」の項で説明されているように、ガイドコマンドに対するマウントの応答をテストするのに役立ちます。テストは手動でも簡単に行えますが、このツールを使用することをお勧めします。スタークロスツールは、以下のようなダイアログを表示します。



このテストでは、ガイドカメラではなくメインカメラを使うことを想定しているため、PHD2 は使われる画像のスケールを認識していません。なので、クロスパターンが十分認識できる程度に大きく、かつ星が視野から飛び出さない程度の動きになるよう、設定を行う必要があります。デフォルトの設定はほとんどの構成でうまく働くはずですが、必要に応じて調整することができます。重要なのは、星の動きをメインカメラで明確に記録すること、そして生画像を非圧縮フォーマットで記録することです(例: FITS や非圧縮 TIFF)。テストの間、ルーピングはアクティブになりますが、ガイド星は選択されず、個々の星がガイドカメラの視野から飛び出しても関係ありません。ルーピングがアクティブになって

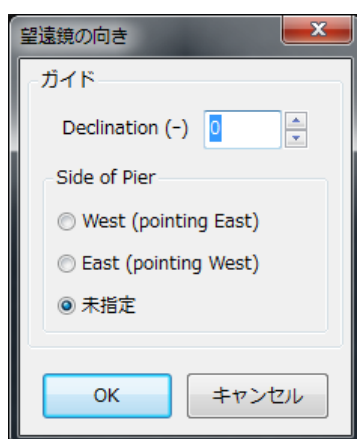
いるのは、マウントが動いているかどうかを素早く視覚的に確認できるから、という理由だけです。

機器プロファイルの管理

機器プロファイルについては、「PHD2 の使い方」の「[機器の接続](#)」ダイアログのところで軽く説明しました。複数のプロファイル进行管理したい場合、「機器の接続」ダイアログの「プロファイル管理」(Manage Profile) ボタンを使用します。ここでメニュー項目を用いると、新しいプロファイルの作成や、既存のプロファイルの編集・名前の変更・削除を行うことができます。各プロファイルは、各プロファイルが最後に利用された時のすべての設定を保持しています。新しいプロファイルを作成する場合、PHD2 のデフォルト値だけでなく、既存のプロファイルから設定を読み込むことができます。既存のプロファイルの設定を編集するには、まず機器プロファイルをドロップダウンリストから選び、「プロファイル管理」のプルダウンから「設定」(Setting) をクリックします。これで「悩みそ」ダイアログが開くので、望みの変更を加えてください。設定が変更されるとプロファイルは自動的に更新されます。また、デバッグやバックアップ、あるいはユーザー同士で交換する目的で、プロファイルはインポート、エクスポートすることができます。

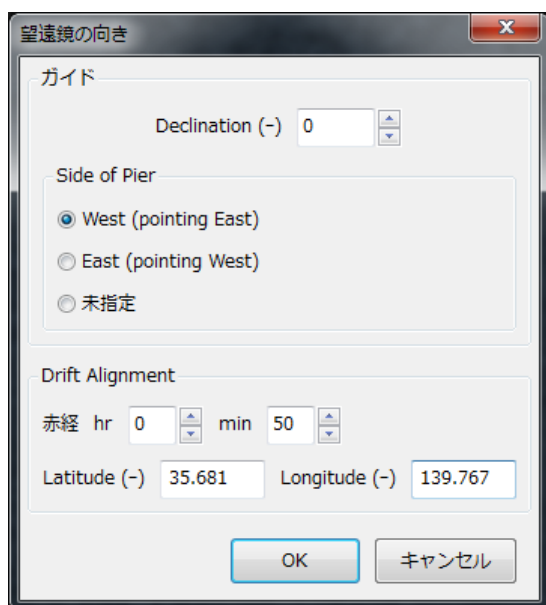
“Ask for coordinates”による Aux マウント接続

ASCOM や INDI ドライバでマウントに接続できない場合、「Ask for coordinates」による Aux マウント接続が次善の策です（訳注：Ask for coordinates…座標を尋ねる）。このオプションを使用すると、ガイドを始める際に望遠鏡の方向を入力または確認するように求められます。



現在望遠鏡が向いている方向の赤緯と、望遠鏡の姿勢 (Telescope east か Telescope west か) を入力すると、PHD2 はその赤緯と姿勢にあわせて自動的にキャリブレーションを調整します。赤緯については厳密である必要はなく、数度程度の違いなら問題なく機能します。これは、これらの値を毎回更新する限り、異なるターゲットに望遠鏡を向けた場合でも再キャリブレーションの必要がないことを意味します。例えば、天の赤道 (赤緯 0 度) 付近でキャリブレーションを行った後、高赤緯にある撮影ターゲットに望遠鏡を向けてその赤緯と望遠鏡の姿勢を入力する、といったやり方が可能になります。この方法は、極の近くでキャリブレーションを行おうとするよりも、良い結果をもたらす可能性が高いでしょう。このダイアログは、イメージングアプリケーションからのディザリング操作やサーバコマンドによってガイドが開始された場合には表示されません。キャリブレーションの調整が正しく機能するためには、直前のキャリブレーションにおいて、赤緯や姿勢のデータが正しく指定されたうえで完了していなければなりません。

ドリフトアライメントにおいてこのオプションを使用していた場合、表示されるダイアログは少しだけ異なります。



追加情報として望遠鏡の向いている赤経、観測地の緯度、経度を入力すると、ドリフトアライメントツールで表示されるマゼンタの円の確からしさが増します。そうでない場合、この円は極軸の調整フェーズにおいて推定される、設置誤差の最大値のみを示します。

「Ask for coordinates」による Aux マウント接続は、カメラや実際のマウントとの接続に影響を与えることなく、接続したり切断したりできます。なので、ドリフトアライメントを行うときや、最初に撮影ターゲットへ望遠鏡を向けるときだけ接続し、その後は繰り返しダイアログが出るのを避けるために切断するという使い方もありえます。ただ、どのような使い方をするにしても、必ず正しい値を設定してください。間違った値を設定すると、結果が悪くなる可能性があります。

シミュレータの詳細設定

シミュレータについては「[PHD2 の使い方](#)」の章において、PHD2 を体験し、その機能になれるのに有用なツールであることを紹介しました。シミュレータを使うにはカメラタイプとして「**Simulator**」を、マウントとして「**On-camera**」を選択します。シミュレーションの細部に興味を持つようになったら、メインディスプレイの「**Cam Dialog**」ボタンを使ってシミュレーションのパラメータを調整することができます。



ここではシミュレートされたマウントについて、赤緯方向のバックラッシュ、極軸設定ズレによるドリフト、そしてピリオディックエラーを設定することができます。さらに、シーイングによってガイド星が変位するのをシミュレートするため、シーイングレベルを調整することもできます。これらのパラメータを1つ1つ調整すれば、それらが星の変位にどう影響し、これらの動きに各ガイドアルゴリズムがどう反応するか知ることができます。もちろん、このシナリオでは（バックラッシュを除いて）「ほぼ完璧な」マウントを扱っているので、シミュレーションは現実と完全には一致しません。

プログラムの多重実行

場合によっては、複数の PHD2 を同時に立ち上げたい場合があるかもしれません。2 回目の PHD2 を起動する場合、コマンドラインのパラメータに「-i2」を、3 目を起動するには「-i3」を追記します。Windows でこれを行うには、コマンドライン (cmd.exe) から PHD2 を起動します。または、以下のようにしてデスクトップにショートカットを作成します。

1. デスクトップ上で右クリック
2. 「新規作成」→「ショートカット」

3. 「項目の場所」に以下の文字列を入力："C:¥Program File
(x86)¥PHDBuiding2¥PHD2.exe" -i2
4. 「次へ」をクリック
5. ショートカットの名前を入力（例：PHD2 #2）
6. 「完了」をクリック

なお、3 番目の「項目の場所」については、ディレクトリ名に空白が含まれていて Windows が場所を誤認しかねないため、入力時には必ず前後の引用符まで含めてください。

キーボードショートカット

PHD2 では多くのツールや機能にショートカットが割り当てられています。その内容は、「キーボードショートカット一覧」の章に列挙してあります。

ソフトウェアアップデート

PHD2 フォーラムで、サポートのリクエストに対する最も一般的な回答の 1 つは「最新バージョンにアップグレードし、問題がまだ存在するかどうかを確認してください」というものです。PHD2 の古いバージョンで問題に遭遇した場合、過去に同様の問題が報告されていて、PHD2 の新しいバージョンでは既に修正されている可能性が高いです。これが、プログラムの最新バージョンを使用することが重要であると PHD2 の開発者が感じている理由です。

貴重な晴天時の撮影に必須のプログラムをアップグレードすることは、時にリスクな命題として認識されることがあります。PHD2 の開発者はこの感情を理解します。安定したソフトウェア環境を維持することと、最新のバグ修正やその他の改善を受けるために更新することとの間には、必然的にトレードオフが存在します。

PHD2 は、2 つの一連のソフトウェアリリースを公開することにより、これら 2 つの相反したニーズのバランスをとっています。開発リリースには最新のバグ修正と機能改善が含まれており、リリース前に開発者により（通常は実際の撮影を通して）テストされていま

す。開発リリースの実行を選択したユーザーは、最新のバグ修正と最新の機能を利用できます。開発リリースには、例えば、2.6.3 のメジャーリリース後の 6 番目の開発リリースを示す "2.6.3dev6" のように名付けられます。

十分にテストされた開発リリースは、定期的にメジャーリリースとして公開されます。たとえば、2.6.3dev6 はメジャーリリース 2.6.4 として公開できました。

アップデートのチェック

PHD2 には、ソフトウェアの更新を自動的にチェックするオプションがあります。PHD2 のバージョンを最新の状態に保つために、このオプションを有効にすることをお勧めします。自動チェックオプションが有効になっていると、PHD2 は PHD2 の起動時に自動的にバックグラウンドで更新をチェックします。新しいアップデートが利用可能な場合、PHD2 は新しいバージョンをインストールするオプションを提供します。アップデートの自動チェックを有効にしても、自動操作を含む PHD2 の通常の操作は妨げられません。なお、インターネット接続のない屋外で撮影を行う場合でも、このオプションは有効のままにしておいて構いません。PHD2 が更新を確認できない場合、PHD2 は次の起動時まで待機してから、再度確認を試みます。

起動時に PHD2 が自動的にアップデートをチェックするかどうかにかかわらず、ヘルプメニューから "Check for updates" (アップデートを確認する) をクリックすることにより、常に手動でアップデートをチェックすることができます。

キーボードショートカット一覧

<u>ショートカット</u>	<u>機能</u>
F1	ヘルプ
Ctrl-C	機器接続 (Connect Equipment) ウィンドウを開く
Shift-Ctrl-C	全ての機器を接続する
Ctrl-L	ループ開始
Alt-S	ガイド星の自動選択
Ctrl-G	ガイド開始
Ctrl-S	停止
Ctrl-D	アラートの非表示
Alt-C	キャリブレーション結果の表示
Ctrl-O	キャリブレーションデータのクリア (再キャリブレーションの強制)
Ctrl-A	「詳細設定」 (Advanced setting) (Advanced setting) を開く
B	ブックマークの表示/非表示
Ctrl-B	ブックマークのクリア
Shift-B	ロック位置をブックマーク
Shift-Ctrl-M	キャリブレーションデータの手動入力

トラブルシューティングと解析

キャリブレーションおよび初使用時の問題

PHD2 を初めて使う場合、あるいは新しい機器を初めて接続する場合、キャリブレーションの段階で問題が発生することがあります。これは通常、対処の異なる 2 つの問題のどちらかです。

1. キャリブレーション時、星が「動きすぎる」または「動かなすぎる」

新規プロファイルウィザードを使用し、焦点距離、カメラのピクセルサイズ、およびマウントのガイドスピードに正しい値を設定していれば、キャリブレーションに使用される「ステップサイズ」は適切な値になっているはずです。しかし、手動でプロファイルを設定した場合や、マウント側でガイドスピードの設定を変更した場合は、詳細設定の「ガイド」(Guiding) タブの「キャリブレーションステップ」(calibration step-size) を調整する必要があります。この文書にはパラメータの使い方が記載されており、問題はすぐに解決できるはずです。一方、新規プロファイルウィザードを使用したにもかかわらず、この問題が発生している場合、原因はおそらく他の場所にあります。

2. 赤経方向のキャリブレーション時、赤緯軸のバックラッシュ解消時、あるいは赤緯方向に星が十分に動かない

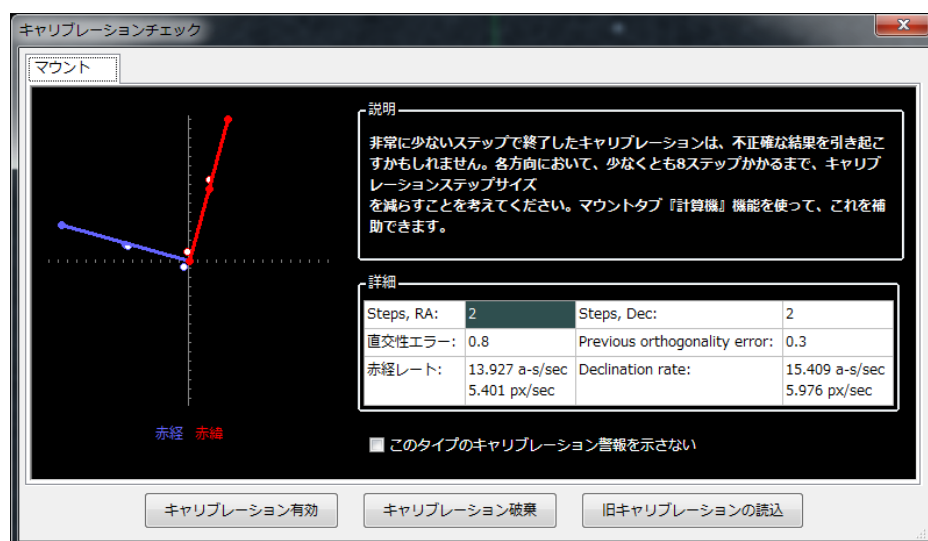
これらの問題が発生すると、ウィンドウ上部に警告メッセージが表示されます。この場合に観察されるわずかな動きというのは実際、多くがシーイングによる変位であり、たいていマウントは全く動いていません。この種の問題への対応について、以下に説明します。

ほとんどの場合、「動かない」という問題はハードウェアの障害や、さらにありがちなのはケーブルやコネクタの問題が原因で発生します。このトラブルシューティングに最も有効なツールは、「[ツールとユーティリティ](#)」の章で触れた、「ツール」(Tools) メニューの下にある「手動ガイド」(Manual guide) オプションです。「手動ガイド」ウィンドウの方向指示コントロールを用いて、星が動くまでマウントに直接コマンドを送信してみます。少なくとも数秒程度の、大きなガイドコマンドを送ると、マウントが動くのがハッキリ見えます。四方向にそれぞれ動かしてみて、星がおおよそ同じように動くのを確認してください。もしマウントが応答しない場合、ハードウェアもしくは接続の問題を解消する必要があります。PHD2 でできることはありません。マウントとの接続に Shoestring

Astronomy 製リレーボックスを使用しているのであれば、インジケータライトを見ることでコマンドが届いているかどうか判断できます。同様に、ST-4 互換ガイドカメラにインジケータライトがあればこれも使えます。マウントとの接続に ASCOM を用いている場合、COM ポートの割り当てが正しいかどうか確認してください。POTH のような ASCOM が提供するツールは、ASCOM ドライバがマウントと正しく通信できているかどうかを確認するのに使えます。また、最新の ASCOM ドライバを使用してください。古いドライバにはしばしばバグが残っていることがあります。

キャリブレーションの妥当性チェック

キャリブレーションが終了しても、キャリブレーション結果が疑わしい旨の警告が表示されることがあります。この「妥当性チェック」(sanity check) ダイアログは問題点についての説明とキャリブレーション結果の詳細を表示します。



v2.4 以降では、以下の 4 つの項目についてチェックが行われます。

- 少なすぎるステップ (上図) ……この問題を解決するのは簡単です。キャリブレーション・ステップサイズを小さくし、西方向と北方向の移動にそれぞれ最低 8 ステップかかるようにするだけです。プロファイルの設定にウィザードを使用した場合、適切な初期値が既に設定されているはずです。赤経側と赤緯側でステップ数が大きく異なる

る場合、各軸のガイドスピードに異なる数値を設定していないのであれば、おそらく赤緯軸にバックラッシュがある証拠を見ているのでしょう。

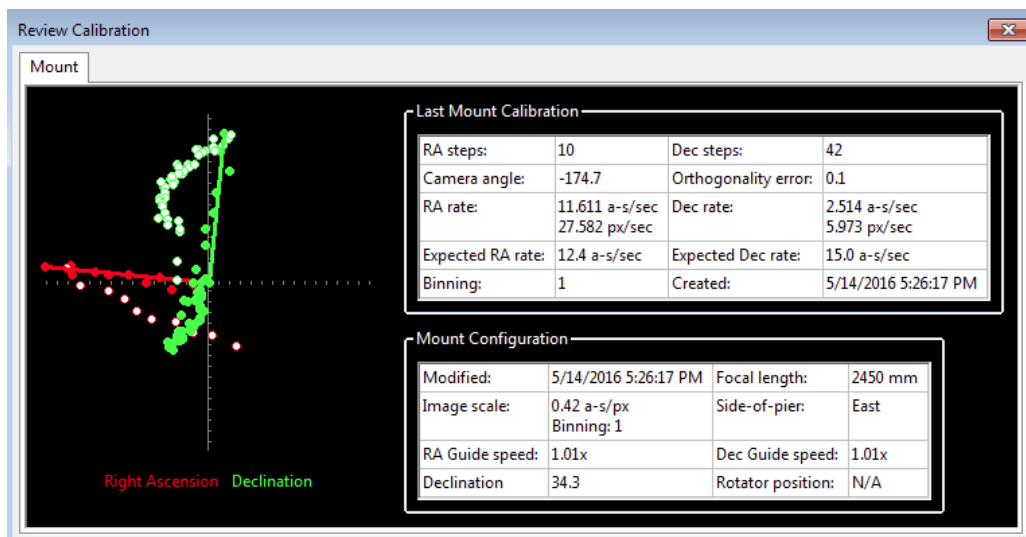
- カメラの軸の不正……通常、カメラの赤経、赤緯に対する傾きは各軸それぞれ独立に計算されますが、結果的に直交するはずです。角度の計算にはそれほど高度な正確性は必要とされませんが、軸が明らかに直交していない場合、キャリブレーションのやり直しが必要です。この種の警告が頻繁に出て、明らかに軸が直交していないのであれば、問題を特定して解決する必要があります。最も一般的な原因は、極軸設定のズレや赤経軸の大きなピリオディックエラーです。これらはいずれも、PHD2 が特定の軸の動きを見ようとしているときに、明らかに別方向の動きをガイド星に生じさせます。これらの問題に気づき、キャリブレーション結果を受け入れるのであれば、「ガイドアシスタント」を用いて極軸設定のズレとピリオディックエラーの大きさを測定します。他のケースでは、マウントが全く動いておらず、シーイングによる変位を拾っているだけということもあります。これらの問題は、ダイアログ左側のグラフですぐにわかります。軸のズレが比較的小さく、ハードウェアがちゃんと動作していることを確信できるなら、詳細設定の「ガイド」(Guiding) タブにある「赤経と赤緯が直交すると仮定」(Assume Dec orthogonal to RA) にチェックを入れて、この手の警告を無視する手もあります。しかし、深刻な問題を無視することになるので、これはエラーがかなり小さい場合に限るべきです。
- 疑わしい赤経・赤緯のレート……赤経のガイドレートは、おおよそ「 $\cos(\text{赤緯})$ 」を係数として赤緯のガイドレートと連動するはずです。言い換えると、赤経のレートは天の赤道(赤緯 0 度)から離れるにしたがって小さくなります。PHD2 はどのレートが誤っているかの判断はしません。単にレートがおかしく見えると警告するだけです。これらのレートの妥当性チェックは簡単です。恒星時の 1 倍速でガイドしているのであれば、赤緯のガイドレートはおおよそ 15 秒角/秒でなければなりませんし、0.5 倍速なら 7.5 秒角/秒になるはずです。赤緯のガイドレートが赤経に比べて明らかに小さい場合、赤緯軸にかなり大きなバックラッシュがあることがしばしばです。
- 矛盾した結果……キャリブレーション結果が前回のキャリブレーションと極端に異なる場合、警告メッセージが出ます。これはたいてい機器構成を変更した時に起こります。これは現実の問題が存在することを示唆しているわけではなく、新しい機器構成に応じて別のプロファイルを作成すべきであるということを示しています。そうすれば PHD2 はそれぞれの機器プロファイルを記憶するので、これらを容易に切り替えることができるようになります。もし機器構成を変えていないのであれば、これほど結果が異なってしまう原因を探すことをお勧めします。

これらの警告では、メッセージの種類に応じて関連するデータ項目がハイライト表示されます。ここで、警告を無視するか(「キャリブレーション有効」(Accept calibration))、

キャリブレーションをやり直すか（「キャリブレーション破棄」 (Discard calibration) ）、
 前回の正常なキャリブレーション結果を読み込むか（「旧キャリブレーションの読込」
 (Restore old calibration) ）を選ぶことができます。三番目のオプションでは、キャリブ
 レーションを後回しにして、前回のキャリブレーションデータでガイドを始めることがで
 きます。もし、問題がないと確信できるにもかかわらず同じ内容の警告が繰り返し現れる
 場合は、「このタイプのキャリブレーション警報を示さない」 (don't show...) のチェック
 ボックスをチェックすることで、該当する警告表示をブロックすることができます。しか
 し、PHD2 の妥当性チェックは幅広い機器構成に対応しており、ほとんどのユーザーがこ
 れらの警告を目にすることはほとんどないはずです。

赤緯軸のバックラッシュ

キャリブレーションに問題を引き起こす原因としてよくあるのが赤緯軸のバックラッシ
 ュで、これ自体はギアを用いたマウントには多かれ少なかれ存在するものです。しかしマ
 ウントによっては、キャリブレーションやガイドの不良を引き起こすことがあります。以
 下のキャリブレーションデータを見てください。

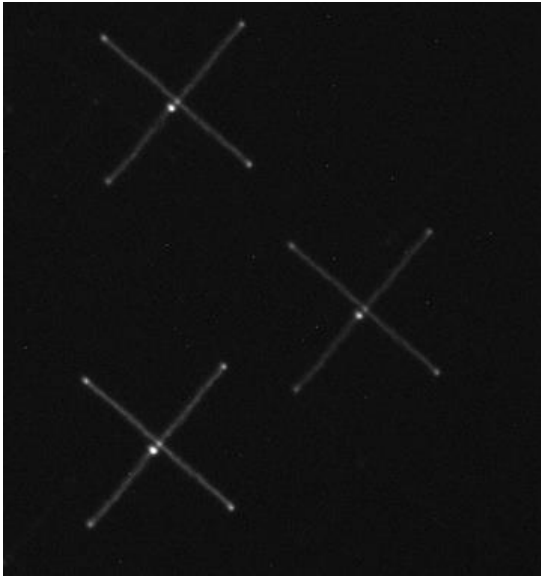


問題の最初の手がかりは、各軸のキャリブレーションに要したステップ数の違いにあり
 ます。赤経側は 10 であるのに対し、赤緯側は 42 です。これは、おそらくバックラッシュ
 が解消されていなかったせいで、赤緯軸が安定して動かなかったことを示しています。ガ

イドコマンドが北から南に反転した際に、赤緯のポイント（黄緑色）がふらつくことも、これで説明できます。最後に、2つの軸のガイドスピードを同じに設定したにもかかわらず、計算された赤緯側のレートが赤経側のレートに比べて小さすぎます。実際、これによりキャリブレーション時に警告が出ます。ここには2つの問題があります。第一に、キャリブレーション結果が悪く、赤緯側の正しいガイドレートを求めるにはやり直しが必要であること。第二に、ガイドレートがもし正しかったとしても、マウントの回転方向が反転するときの動きが非常に悪い点です。キャリブレーションについては、最初に北方向へ、所定のガイド速度で10～20秒程度、すなわちガイド星が画面上で動き始めるまで動かすことで改善することができます。「手動ガイド」ツールや、マウントのコントローラで操作すればよいでしょう。これを行えば、赤緯軸のバックラッシュはほぼ解消されているはずです。再キャリブレーションを行えば、より合理的なガイドレートを得ることができるでしょう。根底にあるバックラッシュの問題については、マウントの機械的な調整が必要です。バックラッシュ補正を用いる手もありますが、バックラッシュが2～3秒より大きいような場合にはあまりうまく働きません。制御可能な程度までバックラッシュを減らせないようであれば、赤緯のガイドについては一方向にだけ行うことを考えるべきです。これを行う場合、極軸設定エラーによりマウントがどちら側にドリフトするのかを確認し、PHD2に適切な修正方向を設定する必要があります（「[一方向赤緯ガイド](#)」の項を参照）。これは「詳細設定」ダイアログの「アルゴリズム」タブにある「赤緯ガイドモード」で設定します。例えば、マウントが常に北方向にドリフトする傾向があれば、ガイドコマンドを南方向のみに制限します。理想的な解決方法でないのは確かですが、このテクニックを用いている人は多く、これによりかなり長時間の露出が可能になり、まともなガイド結果を得ることができます。赤緯側の制御がまったくできないなど、異常な状況が発生した場合には「赤緯ガイドモード」をOffにすることができます。

マウント制御の基本的な検証—スタークロステスト

警告メッセージが出ないのに、キャリブレーションで繰り返し問題が発生して正常終了しない場合、マウントがガイドコマンドに正しく応答しているのか、簡単なテストをする必要があります。このテストはキャリブレーション時の動きを模倣したものですが、より直接的で、何が起きているのかをより実感できるテストです。我々はこれを「スタークロス」テストと呼んでいます。発想としては、メインカメラのシャッターを開いておいて、次いで星の軌跡が十字を描くよう、ガイドコマンドを送ります。つまり、以下のような画像が得たいわけです。



十字の傾きについては、ガイドカメラの取り付け角度によって変わるので気にする必要はありません。重要なのは、十字が直交し、中央から四方向にほぼ均等に軌跡が伸びているかどうかです。画像がこのようなになっていない場合、ガイドはうまくいかないか、おそらく不可能ということになります。例えば、以下の不完全な例を見てみます。



星が1つの軸に沿ってしか動いていない（この例では赤経方向）のが分かります。マウントに送られた赤緯方向のガイドコマンドはまったく働いていません。これを解決しないことには、赤緯方向のガイドはできず、キャリブレーションを完了させるだけでも赤緯方向のガイドを無効にしなければなりません。マウントやガイドケーブルに問題がある場合、珍しいところでは ASCOM ドライバに問題がある場合など、悪い結果が出る例は様々ですが、少なくとも PHD2 とは無関係であると推定することができます。

テストの手順は以下の通りです。

1. マウントのガイドスピードを恒星時の 1×に設定します。PHD2 の「手動ガイド」(Manual Guide) ツールを立ち上げ、ガイドパルス時間を取りあえず 5 秒くらいにセットします。
2. 撮影用のメインカメラで 60 秒間の露出を開始します。
3. 西に 5 秒間のパルスを送り、次に東に 5 秒間のパルスを 2 回、最後に西に 5 秒間のパルスを送ります。これで星はほぼ初期位置に戻ったはずですが、なお、各ガイドパルスを送った後は、次のガイドパルスを送るまで 5 秒間待つようにします。
4. 今度は、北に 5 秒間のパルスを送り、次に南に 5 秒間のパルスを 2 回、最後に北に 5 秒間のパルスを送ります。星は再び初期位置に戻ります。
5. メインカメラから写真がダウンロードされるのを待ち、得られた写真を見ます。

パルス時間は任意のものを使用できます。マウントの動きを確認するには小さめの数字の方がいいかもしれません。メインカメラの露出時間は、ガイド操作にかかる総時間に間違えた場合のマージンを加えたものより長くなるよう気を付けてください。ほとんどのマウントでは、最初の例に見られるように、赤緯軸のバックラッシュのために星は正確に中央には戻ってきません。しかし十分に中央には戻ってくるはずで、バックラッシュの程度はかなり注意深く見ないと分かりません。PHD2 には[スタークロステストのためのツール](#)が用意されています。これを使うと、上の 1～5 までの手順を自動で行うことができます。

このテストの利点は、問題を本当に基礎的なところ一すなわち、マウントが正しく動くのかどうか一にまで分解できることです。テストには PHD2 のガイド設定を利用していないので、ここで切り分けが可能です。このテストは、マウントの製造業者や、そのマウントの典型的な問題について理解している他のユーザーとの情報のやり取りにも有用です。

マウントの挙動の測定

良好なガイド結果が得られない場合、どこかに魔法の最適値があると信じて、真っ先にガイドパラメータを大きく変更したくなります。しかし目論見はたいていうまくいかず、かえって事態が悪化する可能性の方が高いでしょう。新規プロファイルウィザードで決定したパラメータではうまくいかない場合、おそらくハードウェアに障害があり、背景にあ

る原因を特定する必要があります。原因さえ分かれば、実際に修理をしなくてもガイド結果を向上させることはおそらく可能ですが、根本的な問題を理解することは重要です。マウントが何を行っているかを理解するには、以下の手順を実行します。

1. ガイド鏡の焦点距離とガイドカメラのピクセルサイズが正しいことに十分注意して、テスト用の新しい機器プロファイルを、新規プロファイルウィザードを用いて作成します。
2. 可能であれば、マウントを **ASCOM** で接続します。
3. 天の赤道付近の星を用いて、まったく新規にキャリブレーションを行います。この時、シーイングの影響を最小限にするため、高度 40 度以上の星を使用します。
4. マウント側でバックラッシュ補正機能が有効になっていないことを確認した上で、マウントのガイド速度を恒星時の 0.5~1 倍に設定します。
5. 10~15 分ほどガイドアシスタントを実行し、推奨されたパラメータを適用します。特に最小移動検知量は重視してください。続いてバックラッシュを測定します。ガイド星を見失わないようにするため、追尾検索区域は大きくする必要があるかもしれません。ただし、区域内に複数の星が入らないよう気を付けてください。バックラッシュテストでは星が大きく北に動くので、余裕を持たせるために視野の南端に近い星をガイド星として選んでください。
6. ガイドアシスタントが推奨したガイドパラメータを変えてはいけません。
7. ガイドアシスタントのテーブルに表示された結果を注意深く見てください。これらの値は、マウントのパフォーマンスに関する有用な情報を示しています。これらの結果はガイドログにも書き込まれるので、後で分析する際に確認することもできます。
8. ステップ 3 でキャリブレーションについての警告メッセージが現れた場合、先に進む前にその問題を解決する必要があります。良好でないキャリブレーションに基づいてガイドを行っても、良い結果になることはまずありません。また、極軸設定誤差が 10 分角以上あるようなら、それを直した上で、上記手順を繰り返します。
9. 10~15 分ほど **PHD2** でガイドを行い、風や、そのほか明らかな間違いによる重大なエラーがなければ、動作を継続します。この間、ガイドパラメータは変更しないでください。

結果を分析したい場合、[PHD2 Log Viewer](#) を用いるとともに、”[Analyzing PHD2 Guiding Results](#)”を参照するとよいでしょう。同じく”[PHD2 Best Practices](#)”にも目を通すべきです。これらはいずれも [OpenPHDGuiding.org](#) の Web サイトの「ニュース」タブにあります。結果の解釈に助けが必要な場合は、ガイドログとデバッグログの両方を添えて、[OpenPHD2 Google フォーラム](#)に投稿してください。お手伝いします。

ディスプレイウィンドウの問題

新規ユーザーはよく、メインウィンドウに表示される映像が非常にノイジーだとか、真っ白だったり真っ暗だったりと不平を言います。カメラが正常に機能していて、画像のダウンロードもちゃんと行われているのであれば、その原因はフレーム内に星がないことが原因であることがしばしばです。例えば、屋内や日中にカメラをテストしようとした場合、こうしたことがよく起こります。このような状況下でのイメージディスプレイウィンドウの表示は、なんら有用な情報を与えないので、無視してかまいません。PHD2は、夜空の星が見やすいよう、自動的に輝度を引き延ばすようになっています。星がない場合でも、表示はフレーム内の輝度レベルを最小から最大の間で引き延ばそうとします。その結果、ノイジーになったり、真っ白または真っ暗になったりするのです。ガイダーのピントが合っていない場合も、表示の問題が発生することがあります。ガイダーのピント合わせは退屈でフラストレーションがたまるものですが、よいガイド結果を得るには重要なものです。まずは明るく、飽和していない星からピント合わせを始めるのがコツです。微調整はより暗い星に移ってから行います。

ホットピクセルの問題

高品質のガイドカメラを使用していても、一群のホットピクセルをPHD2がガイド星と誤認識することがあります。自動化ツールを使用していて、「ガイド星の自動選択」でホットピクセルが間違って選択されてしまった場合は特に厄介です。多くのカメラでは、単純なダークフレームだけでホットピクセルの問題を軽減または解消するのに十分であり、まずは常にダークフレームを使用すべきです。しかしカメラによっては、不良ピクセルマップを作成し、不良ピクセルの位置や大きさが変わるたびにこれを更新していく必要があります。不良ピクセルの出方がセンサーの経時変化や温度変化に伴って変わることを思えば、不良ピクセルマップの更新は実行可能な些細な作業です。手順は、このドキュメントの「[不良ピクセルマップ](#)」の項に順を追って記載されています。これらの問題は、宇宙線がセンサーに衝突して生じる一時的なホットピクセルとは異なります。宇宙線の衝突がガイドを乱す可能性はありますが、これは防ぎようがありません。

作業環境の復元

反対意見にもかかわらず、ガイドパラメータを急激に、知識もないまま変えてしまい、ガイドパフォーマンスが変わらないか、むしろ悪化するという結果に陥ってしまった場合、設定をデフォルト値に戻す必要があります。新規プロファイルウィザードを用いてプロファイルを作成していた場合、パラメータは機器構成に沿ったものになっていて、ほぼ最適なものになっているはずです。これらの設定を使用してもガイドに重大な問題が発生した場合、おそらくマウントやその他のハードウェアに問題があります。ガイドパラメータをむやみやたらに変えても、問題が解決するどころか、むしろ悪化するのがオチです。設定をデフォルト値に戻すには、いくつかのオプションがあります。

1. 「詳細設定」の「アルゴリズム」タブでは、各フィールドのツールチップを見てパラメータを個別にリセットすることができます。フィールド上にマウスカーソルを置くと、デフォルト値が表示されます。ただし、イメージスケールに依存する「最小移動検知量」については、ここに表示されるデフォルト値が最適とは限らない点に注意が必要です。この方法は、少数の設定だけを復元する場合に最適です。
2. 「アルゴリズム」タブの赤経、赤緯の項にそれぞれ備わっている「リセット」ボタンをクリックします。これは、すべてのガイドパラメータをリセットするのに推奨される方法です。「最小移動検知量」は、新規プロファイルウィザードによって計算されていた元の値にリセットされます。ガイドアシスタントを実行してこれらの設定を調整していた場合は、リセット後にガイドアシスタントを再実行する必要があります。
3. 「機器と接続」ダイアログの「プロファイル管理」をクリックして、新規プロファイルウィザードを実行します。これまでと同じガイドカメラ、同じマウントを選択した上で、別名で保存します。ダークライブラリや不良ピクセルマップを再利用する場合は、新しいプロファイルで接続後、「ダーク」メニューから「プロファイルから読込」を選択し、古いプロファイルからデータをインポートします。新しいプロファイルの設定に問題がなければ、古い方のプロファイルは削除できます。

カメラのタイムアウトとダウンロードの問題

いくつかのケースでは、ガイドカメラからの画像がダウンロードされなかったり、表示されなかったりすることがあります。極端な場合、PHD2 やカメラに関係するアプリケー

ションが無反応（いわゆる「ハング」）になることさえあります。これはほとんどの場合、ハードウェア、カメラドライバ、あるいは接続の問題で、もっともありがちな原因は USB ケーブルや USB デバイスの故障です。PHD2 のようなアプリケーションが原因でこれが起こることはほとんどなく、システムのより根本的なところから調査を始めなければなりません。まず、ガイドカメラが動作しているかどうかを確認するところから始めます。短めのケーブルでカメラと PC を直結し、「ネイティブの」あるいはカメラ付属のテストアプリケーションで露出を行います。もしカメラが機能しているようなら、上流にある USB ハブやケーブルを調べます。1 つ 1 つお互いに交換し、原因を特定していきます。留意しなくてはならないのは、我々は機器を「非常に過酷な環境」で使用しているということで、使用する機器の多くは寒さや屋外環境に耐えるようには設計されていません。そのため、先週あるいは先月まともに動いたからといっても、もはや信用できないかもしれません。

PHD2 は v2.3 以降、こうした問題を防ぐため、カメラのタイムアウト時間を設定できるようになりました。これは詳細設定の「カメラ」 (Camera) タブで設定でき、デフォルトは 15 秒になっています。これは露出完了後、データを受信するまでに 15 秒までは待つということを意味しています。これは大変ゆるい設定で、ほとんどのカメラでうまく動作するはずですが、しかしいくつかのカメラは、USB サブシステムに多大な帯域や電力を要求して問題を引き起こすことが知られています。この手のタイムアウトが発生しているが、カメラが正常に作動していることが確信できる場合、タイムアウトの数字を大きくすることができます。タイムアウトエラーを二度と目にしないため、1000 秒といった極端に大きな値さえ設定することができます。そのような値にすることは、ユーザーインターフェイスのハングやガイド動作の乱れを引き起こす可能性があります、それも選択の 1 つです。タイムアウト時間を大きくしても、通常のカメラの操作に遅延は生じません。ひとたびイメージのダウンロードが始まれば、タイマーはキャンセルされ、ガイドが直ちに実行されます。

低いガイドパフォーマンス

ひとたびすべてが動き出せば、それなりに良好なガイド結果がすぐに得られます。なにをもって「十分に良好」というかはその人次第ですし、判断基準も人によって異なるでしょう。しかし、星が線を引いたり伸びたりして、撮影結果を許容できない場合、問題を解決するための体系的なアプローチをとる必要があります。このようなとき、事態を好転させようと、様々なガイドパラメータを闇雲にいじり始めたくなるものです。パラメータを調整するのは間違っていないかもしれませんが、何をやろうとしているかの理解の下、慎重に行わなければなりません。PHD2 のデフォルトセッティングは、ほとんどのアマチュア機材や撮影場所において良好な結果が得られるよう、注意深く選択されています。最適な設定は、イメージスケールやシーイングのコンディション、使用しているマウント固有の振る舞いに完全に依存します。言い換えれば、これらはあなたの撮影環境に固有のもので、正しいガイドパラメータが載っている「魔法の規格書」ではなく、また他のユーザーから得た設定情報は完全には適合しないということです。ウィザードを用いてプロファイルを作成した場合、デフォルトセッティングはすでにあなたのイメージスケールに合うように調整されています。「ガイドアシスタント」を使えば、シーイングのコンディションがどの程度で、シーイングを追尾しないような最小移動検知量がどのくらいか、といったあなたの撮影環境に適した設定を得ることができます。「ガイドアシスタント」や「手動ガイド」を使えば、赤緯方向のガイド結果を解釈するのに役立つ、バックラッシュの大きさについても知ることができるのです。

最良のガイド結果を得るのは複雑な作業で、ここですべてを説明することはできません。しかし、Craig Stark による以下の文書を含め、ウェブ上から得られる様々な情報が問題解決の助けとなるでしょう。

<http://www.cloudynights.com/page/articles/cat/fishing-for-photons/what-to-do-when-phd-guiding-isnt-push-here-dummy-r2677>.

警告メッセージ

PHD2はウィンドウ上部に警告メッセージを表示することがあります。これらは一般に、ユーザーの注意を引くためにエラーや診断結果を表示するものです。通常の操作においてこれらを目にすることはあまりないですが、表示された場合どうするべきか、この項が役に立つでしょう。

ダークライブラリや不良ピクセルマップに関する警告

Use a Dark Library or a Bad-pixel Map (ダークライブラリまたは不良ピクセルマップを使用してください)

ダークライブラリや不良ピクセルマップの使用は、PHD2 がホットピクセルやその他の欠陥を星と取り違える可能性を減らします。このメッセージを無視した場合、ガイド中に星とホットピクセルを取り違え、以降、ガイドがまともに作動しなくなるような危険性があります。

Format/geometry mismatches (フォーマット/形状の不一致)

ダークフレームや不良ピクセルマップは、現在使用中のカメラのセンサーのものと一致していなければなりません。既存のプロファイルでカメラのみを変更した場合、読み込まれているダークフレームや不良ピクセルマップがカメラと一致せず、この警告が出ます。このメッセージが出ないようにするには、カメラを変更する際、新規プロファイルを作成すべきです。新たにダークフレームや不良ピクセルマップを作成する必要がありますが、元のカメラ用の古いダークフレームや不良ピクセルマップはそのまま維持されます。非常にまれな例ですが、カメラを扱うドライバや PHD2 のコードが変更された場合にも、このメッセージが出る場合があります。異なるセンサーフォーマットで蓄積したダークライブラリがある場合も、フォーマット不一致の警告メッセージが出る場合があります。

このような場合、ダークライブラリや不良ピクセルマップを最初から作り直します。詳しくは「[ダークフレームと不良ピクセルマップ](#)」の章を参照してください。

ASCOM に関する警告

マウントやカメラ、その他 ASCOM で制御されるデバイスを初めて接続した時、要求される機能がドライバでサポートされていないという警告が出る場合があります。例えば、ある ASCOM の望遠鏡/マウントドライバがパルスガイドをサポートしていない例がありましたが、これはドライバが古いためでした。このような場合、できるのは ASCOM ドライバをアップデートすることのみです。これらのドライバは ASCOM のウェブサイトや、機器の製造元から入手可能です。一般に、すでに同定、解決された障害に遭遇しないよう最新のドライバを使うことが、最良の結果を生みます。

マウントの ASCOM ドライバでは、また別の警告メッセージが出る場合があります。

1. "PulseGuide command to mount has failed - guiding is likely to be ineffective." (マウントへのパルスガイドコマンドが失敗しました。ガイドはおそらく無効です。)

通常、これは ASCOM ドライバのバグやタイミング感度の問題により発生するもので、ガイドコマンドが正しく実行されたかどうかを知る方法は一般にありません。この警告が出ても、ガイド結果が満足できるものであれば、警告はおそらく無視してかまいません。警告が出た場合も、PHD2 はガイドコマンドを発行し続けるので、直ちに何か対策を取る必要はありません。警告が頻繁に出る場合、デバッグログを PHD2 の開発チームまで送付してください。問題の詳細が理解でき、ASCOM ドライバの開発者にとって助けになるかもしれません。

2. "Guiding stopped: the scope started slewing." (ガイド停止: 望遠鏡が旋回を開始しました。)

これは自明ですが、望遠鏡を旋回させるという決定が ASCOM ドライバから PHD2 に通知された際に表示されます。実際に旋回しているかどうかは PHD2 には分かりません。ガイド中に誤って旋回させていなければ、これはドライバにおけるタイミングの問題です。この問題を一時的に回避するには、旋回していることをチェックする機能を無効にしてしまえばよいのです。具体的には、詳細設定の「ガイド」(Guiding) タブで "Stop guiding when mount slews." のチェックを外してしまいます。こうするとガイドは停止しなくなりますが、結果は疑わしいかもしれません。問題の詳細について ASCOM ドライバの作者に報告するため、デバッグログを提供してください。

カメラのタイムアウトに関する警告

カメラのタイミングやタイムアウトに関する警告メッセージについては、「[カメラのタイムアウトとダウンロードの問題](#)」の章で論じています。

キャリブレーションに関する警告

キャリブレーションの際、いくつかの警告が出ることがあります。これらについては「[キャリブレーションおよび初使用時の問題](#)」の章で論じています。

最大持続時間に関する警告

普段のガイド中、赤経や赤緯方向の修正についての最大持続時間の設定が、PHD2 がガイド星を所定の位置にロックしておくのを妨げている、という意味の警告が出ることがあります。もしこれらのパラメータをデフォルト値から下げると、警告が増えるように思われます。しかし制限値が 1 秒より十分大きいのであれば、この警告は、修正すべき機械的な問題に遭遇したことを示します。もっとも単純なケースでは、ケーブルの引っ掛かりだったり、突風だったり、マウントの揺れだったり、その他の外的要因がガイド星を大きくずらしてしまうことで警告が発せられます。このような場合は、原因を取り除いてガイドを継続するだけです。しかし中には、ガイド星の変位が一方向的に大きくなって、まったく修正できない場合があります。例えば、PHD2 がマウントを南北方向に動作させることができない場合、修正できないエラーが蓄積して警告の引き金となります。こうした問題は注意深い診断と修正が必要で、単純に最大持続時間の数字を増やしただけでは解決しません。

ログの解析

問題の同定や動作のチューニングには PHD2 のログファイルの利用が不可欠です。いずれのログファイルも人が読んで理解しやすいようなフォーマットになっており、ガイドログは他のアプリケーションからの読み込みが容易なように構成されています。「詳細設定」(Advanced setting) の章で示したように、PHD2 Log Viewer や Excel などのアプリケーションにより、全体的な振る舞いや計算性能の統計を可視化し、ガイドに問題が発生して

いた箇所を詳細に調べることができます。Excel のようなアプリケーションにガイドログを読み込ませる場合は、区切り文字としてカンマを指定します。

ガイドログの内容

ガイドログの内容は新機能が加わるたびに变化し続けています。しかし基本的な部分は変わっておらず、解析するアプリケーションに影響を与えないよう考慮されています。自分自身でログファイルを解析したい場合、以下の情報が役立つでしょう。

PHD2 のガイドログは、数字のゼロまたは一連のキャリブレーションデータ、および数字のゼロまたは一連のガイドデータを含んでいます。これらのセクションは、使用されたガイドアルゴリズムや PHD2 の内部パラメータの情報を提供するヘッダを持っています。キャリブレーションやガイドが始まると、ヘッダ情報の最終行がカラムのヘッダとなります。各カラムの意味は以下の通りです。

キャリブレーションカラム：

- dx, dy……カメラの撮像素子上での、開始地点からのガイド星の移動量を X/Y 座標で示します。単位はピクセル。
- x, y……キャリブレーション終了時のガイド星の位置で、カメラの撮像素子上の X/Y 座標で表されます。
- Dist……カメラの撮像素子上での、ガイド星のトータルの移動距離を示します（移動距離 = $\sqrt{dx^2 + dy^2}$ ）。この値は PHD2 がキャリブレーションパラメータを決定するのに使われます。

ガイディングカラム：

- dx, dy……キャリブレーションカラムのものと同様に、カメラの撮像素子上での「ロック位置」からのガイド星の移動量を XY 座標で示します。
- RARawDistance, DECRawDistance……dx, dy をマウントの座標に換算したものです。言い換えれば、ここでは任意の角度で装着されたガイドカメラの X 軸、Y 軸をマウントの赤経軸、赤緯軸に変換しています。
- RAGuideDistance, DECGuideDistance……各ガイドアルゴリズムの動作による赤経、赤緯方向の移動量です。ガイドアルゴリズムは RawDistance を元にガイド星がどれだけずれているかを求め、マウントの各軸を動かして望遠鏡を正しい向きに戻します。たとえば「移動が最小になる」ようなパラメータセット

を用いた場合、RawDistance がゼロでなかったとしても GuideDistance がゼロになることはあり得ます。

- RADuration, RADirection, DECDuration, DECDirection……これらは上記の GuideDistance から求められる数値です。Duration は、GuideDistance の量だけマウントを動かすのに必要なガイドパルスの長さ（単位：ミリ秒）を表します。
- XStep, YStep……補償光学装置（AO）を使用していた場合のステップ調整幅（step-adjustment duration）を表します。
- StarMass……ガイド星の像の明るさを表します。
- SNR……PHD2 で内部的に使用される、S/N 比の値
- ErrorCode……「ガイド星を見失った」など、発生したエラーを表します。
 - 0 – エラーなし（no error）
 - 1 – 星像が飽和している（star is saturated）
 - 2 – 星の S/N 比が低い（star has low SNR）
 - 3 – 星像がかすかすぎて正確な計測ができない（star mass is too low for accurate measurement）
 - 4 – 星がドリフトしてフレーム境界に近づきすぎている（star has drifted too near the edge of the frame）
 - 5 – 星像の大きさ・明るさが既定値を超えた（star mass has changed beyond the specified amount）
 - 6 – 予期せぬエラー（unexpected error）

Distance の単位はすべてピクセルです。ガイディングセクションのヘッダには、PHD2 により計算されたイメージスケールが示されているので、ピクセルから角距離への変換も可能です。

問題の報告

PHD2 に特有な、アプリケーション上の問題に遭遇した場合、open-phd-guiding Google group: <https://groups.google.com/forum/?fromgroups=#!forum/open-phd-guiding> までぜひ報告してください。あなたが多くの情報を提供するほど、我々がその問題を解決できるようになります。以下のガイドラインが役に立つでしょう。

1. 問題の再現を試みる

追跡すべきステップが明確な場合、解決策をすぐに見つけ出せる可能性が高くなります。現象を再現できるようであれば、現象が現れるまでのステップを最小化することを試みてください。我々が問題を再現しようとするとき、我々はあなたのハードウェアやコンピュータ環境を持っていない、ということを忘れないでください。

2. 環境の説明を完全にする

OS や機器の種類、PHD2 のバージョンなど

3. 問題発生時のデバッグログを添付する

デバッグログはドキュメントフォルダ内の「PHD2」フォルダに保存されています。もし問題を再現できない場合、それが最初に発生した日時を思い出してみてください。数百行におよぶ出力内容を探し回ることなく、デバッグログから証拠を見つけ出す助けになるかもしれません。